Environnement Canada
Service de la protection de l'environnement

Environment Canada
Environmental Protection Service

collection
ENVIROGUIDE

LE STYRÈNE

Canada

juin 1985

86-05883/

COLLECTION «ENVIROGUIDE»

La collection «Enviroguide» est constituée de guides d'information technique à utiliser en cas de déversements de matières dangereuses. Chaque guide fournit une masse considérable d'information relative au produit chimique dont il traite. L'information ainsi présentée a pour but d'aider l'utilisateur à mettre sur pied un plan d'intervention en cas d'accident et à évaluer les incidences sur l'environnement que peut avoir tel ou tel polluant. Le contenu de chacun des guides a été vérifié par la Direction des services techniques du Service de la protection de l'environnement avant que ne soit autorisée sa publication. Il est à noter qu'une telle autorisation n'implique pas que le contenu des guides reflète les points de vue ou la politique du Service de la protection de l'environnement. De même, le fait de mentionner des marques déposées ou des noms de produits commerciaux ne doit pas être interprété comme une forme de recommandation.

collection
ENVIROGUIDE

LE STYRÈNE

SERVICE DE LA PROTECTION
DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION GÉNÉRALE DES PROGRAMMES
DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

DIRECTION DES SERVICES TECHNIQUES

OTTAWA
JUIN 1985
ENVIRONNEMENT CANADA

Publication
distribuée par la Section des publications
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 1C8

Édition française de
Styrene
préparée par le Module d'édition française

English copy available at the above mentioned address

© Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1985
N° de cat. En 48-10/27-1985F
ISBN 0-662-93292-7
IMPRIMERIE BEAUREGARD LIMITÉE

AVANT-PROPOS

La collection "Enviroguide" a été lancée officiellement en 1983. Elle est constituée de guides d'information technique sur les produits chimiques qui sont les plus souvent en cause dans les cas de déversements accidentels. Les guides, qui s'adressent à des spécialistes dans le domaine des déversements, sont conçus pour aider à planifier les interventions d'urgence et évaluer les incidences sur l'environnement.

Vu la grande quantité d'information présentée et le caractère très technique des guides, ces derniers ne s'adressent pas au personnel de première intervention, pour qui existent déjà des manuels plus appropriés.

L'information offerte a été glanée en majeure partie dans des publications déjà existantes. Les auteurs ont pris grand soin, aussi bien au stade de la compilation qu'à celui de la révision, de vérifier la justesse des éléments retenus. Néanmoins, il ne faut pas voir dans la publication de ces éléments d'information une forme de recommandation de la part du gouvernement du Canada ni de quelque autre groupe.

REMERCIEMENTS

La version définitive du présent guide est l'oeuvre du personnel du Service de la protection de l'environnement, qui a procédé à la refonte de nombreux passages du texte initial, ajouté maints renseignements et commentaires et préparé les schémas et les figures.

Le travail préliminaire avait été donné à contrat par Environnement Canada aux firmes M.M. Dillon Consulting Engineers and Planners, Concord Scientific Corporation et Waterloo Engineering Limited.

L'abondance de détails qu'on trouve dans le guide est le fruit de la collaboration de plusieurs personnes, organismes et institutions qui ont fourni des données et des conseils précieux, au stade de la compilation comme au stade de la rédaction. Sous ce rapport, l'Association canadienne des fabricants de produits chimiques mérite des remerciements particuliers.

TABLE DES MATIÈRES

	Avant-propos	III
	Remerciements	III
	Liste des figures	VII
	Liste des tableaux	VIII
	Abréviations et symboles	IX
	Définitions	XI
	Sigles	XIII
1	**Résumé**	
2	**Propriétés chimiques et physiques**	
3	**Production, transport et commerce**	
3.1	Qualité et titre du produit	12
3.2	Fabricants situés au Canada	12
3.3	Autres fournisseurs	12
3.4	Centres de production et transport	12
3.5	Volume de production	13
3.6	Fabricant industrielle	13
3.6.1	Information générale	13
3.6.2	Matière première	13
3.6.3	Procédé de fabrication	13
3.7	Principales utilisations au Canada	14
3.8	Principaux acheteurs au Canada	14
4	**Manutention du produit et compatibilité**	
4.1	Citernes et autres récipients d'expédition	15
4.1.1	Transport en vrac	15
4.1.1.1	Wagons-citernes	15
4.1.1.2	Véhicules-citernes routiers	18
4.1.2	Transport en fûts	18
4.2	Déchargement	18
4.2.1	Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes	18
4.2.2	Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications	21
4.3	Compatibilité entre le styrène et certains matériaux	22
5	**Fuite et migration du produit**	
5.1	Aperçu général	24
5.2	Fuite du produit	24
5.2.1	Introduction	24
5.2.2	Nomogrammes des fuites	25
5.2.2.1	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps	25
5.2.2.2	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	25
5.2.3	Exemples de calcul	25
5.3	Diffusion dans l'atmosphère	27
5.3.1	Introduction	27
5.3.2	Nomogrammes de la diffusion du panache de vapeurs	27

5.3.2.1	Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe	29
5.3.2.2	Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	29
5.3.2.3	Demi-largeur maximale du panache dangereux	32
5.3.2.4	Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé	37
5.3.3	Étapes du calcul	37
5.4	Comportement dans l'eau	40
5.4.1	Introduction	40
5.4.2	Nomogrammes	40
5.4.2.1	Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, nappe non confinée)	43
5.4.2.2	Longueur de la zone touchée en fonction du rayon (équivalent) de la nappe (eau calme, nappe confinée)	43
5.4.2.3	Distance de dérive en fonction du temps (aucun vent)	43
5.4.2.4	Addition vectorielle du courant de surface et du vent	43
5.4.3	Exemples de calcul	47
5.5	Comportement dans le sol de surface et le sous-sol	48
5.5.1	Introduction	48
5.5.2	Migration du polluant dans le sol	49
5.5.3	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant	49
5.5.4	Types de sol	49
5.5.5	Nomogrammes de la migration	51
5.5.6	Exemple de calcul	51
6	**Protection de l'environnement**	
6.1	Limites maximales admissibles	56
6.1.1	Qualité de l'eau	56
6.1.2	Qualité de l'air	56
6.2	Toxicité pour les espèces aquatiques	56
6.2.1	Situation au Canada	56
6.2.2	Évaluation de la toxicité aux États-Unis	56
6.3	Toxicité pour d'autres espèces	57
6.4	Dégradation du polluant	58
6.5	Devenir dans l'environnement et études sur les effets	58
6.6	Devenir et effets à long terme	59
7	**Protection de la santé**	
7.1	Normes d'exposition	60
7.2	Données sur les propriétés irritantes	62
7.2.1	Contact avec la peau	62
7.2.2	Irritation de la gorge et muqueuses nasales	62
7.2.3	Contact avec les yeux	63
7.3	Données sur les propriétés organoleptiques	63
7.3.1	Odeur	63
7.3.2	Goût	64
7.4	Études sur les effets toxiques	64
7.4.1	Effets de l'inhalation	64
7.4.2	Effets de l'ingestion	67
7.4.3	Effets de l'administration par voie intrapéritonéale	67
7.4.4	Effets de l'administration par voie intraveineuse	68
7.4.5	Mutagénicité, tératogénicité et carcinogénicité	68
7.5	Symptômes et conséquences de l'intoxication	70
7.5.1	Inhalation (symptômes)	70

7.5.2	Ingestion (symptômes)	71
7.5.3	Contact avec la peau (symptômes)	71
7.5.4	Contact avec les yeux (symptômes)	71
7.6	Métabolisme du styrène	71
8	**Compatibilité chimique**	
8.1	Compatibilité entre le styrène et divers agents	74
9	**Mesures d'intervention et de sécurité**	
9.1	Mesures recommandées	76
9.1.1	Danger d'incendie	76
9.1.2	Moyens d'extinction	76
9.1.3	Mesures d'intervention en cas de déversement	76
9.1.3.1	Information générale	76
9.1.3.2	Déversements sur le sol	77
9.1.3.3	Déversements dans l'eau	77
9.1.4	Nettoyage et traitement	77
9.1.4.1	Déversement sur le sol	77
9.1.4.2	Déversement dans l'eau	77
9.1.4.3	Information générale	77
9.1.5	Élimination du polluant	78
9.1.6	Données relatives à la filtration sur charbon	78
9.1.7	Appareils et vêtements de protection	78
9.1.8	Précautions pour l'entreposage	80
9.2	Équipements, techniques et produits spécialisés d'intervention	80
10	**Cas de déversement accidentel**	
10.1	Information générale	81
10.2	Déraillement d'un train de wagons-citernes	81
11	**Identification et dosage du polluant**	
11.1	Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)	83
11.1.1	Chromatographie en phase gazeuse	83
11.2	Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)	84
11.3	Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)	84
11.3.1	Spectrophotométrie infrarouge d'affinité	84
11.4	Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)	84
11.5	Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)	85
11.5.1	Spectrophotométrie infrarouge	85
11.6	Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)	85
12	**Références et bibliographie**	
12.1	Références	86
12.2	Bibliographie	92

LISTE DES FIGURES

1	Pression de vapeur en fonction de la température	8
2	Masse volumique du liquide en fonction de la température	9
3	Vitesse de polymérisation	9
4	Viscosité du liquide en fonction de la température	10
5	Viscosité de la vapeur en fonction de la température	10
6	Diagramme de phases	11
7	Wagon-citerne de spécification 111A60W1	16
8	Fûts types	20
9	Perforation au-dessous du niveau du liquide	25
10	Pourcentage de liquide restant en fonction du temps écoulé	26
11	Débit de fuite en fonction du temps écoulé	26
12	Formation d'un panache de vapeurs	28
13	Étapes à suivre pour déterminer la zone dangereuse	30
14	Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe	31
15	Teneur uniformisée en vapeurs en fonction de la distance sous le vent	33
16	Conversion des unités de la TLV® (ppm en g/m^3)	34
17	Conversion en g/m^3 du % volumique de la limite inférieure d'inflammabilité	35
18	Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé	38
19	Zone dangereuse en cas de vent invariable (exemple de problème)	41
20	Zone dangereuse en cas de vent variable (exemple de problème)	41
21	Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, nappe non confinée)	42
22	Longueur de la zone touchée en fonction du rayon de la nappe (eau calme, nappe confinée)	44
23	Distance de dérive en fonction du temps écoulé (aucun vent)	45
24	Addition vectorielle du courant de surface et du vent	46
25	Migration dans le sol	50
26	Plan d'utilisation des nomogrammes	52
27	Migration dans du sable grossier	53
28	Migration dans du sable limoneux	54
29	Migration dans du till argileux	55
30	Voies métaboliques	73

LISTE DES TABLEAUX

1	Nomogrammes de conversion	7
2	Wagons-citernes de spécifications 111A60W1, 111A60F1, 111A100W1, 103W, 104W	15
3	Caractéristiques des wagons-citernes de spécification 111A60W1	17
4	Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du styrène	19
5	Compatibilité entre le styrène et certains matériaux de fabrication	23
6	Abréviations de noms de matériaux de fabrication	23
7	Catégories météorologiques (de stabilité)	32
8	Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs de styrène à 20 °C	36

ABRÉVIATIONS ET SYMBOLES

adf	Antidéflagrant
atm	Atmosphère
c.f.	Coupelle fermée
c.o.	Coupelle ouverte
CPG	Chromatographie en phase gazeuse
d	Densité
d vap	Densité de vapeur
d.-v.	Demi-vie
D ext.	Diamètre extérieur
D int.	Diamètre intérieur
DAMM	Diamètre aérodynamique moyen en masse
DBO	Demande biochimique en oxygène
DCO	Demande chimique en oxygène
D_e	Diamètre d'entrée
DIF	Détecteur d'ionisation à flamme
DMM	Diamètre moyen en masse
DMN	Diamètre moyen en nombre
DMV	Diamètre moyen en volume
DPI	Détecteur à photo-ionisation
D_s	Diamètre de sortie
DL min.	Dose létale minimale
DL 50	Dose létale moyenne
et coll.	et collaborateurs
eV	Électronvolt
f. n. éq.	Fumée normalisée équivalente
gal imp.	Gallon impérial
IDLH	*Immediately Dangerous to Life or Health*
IR	Infrarouge
j	jour
J	Joule
K	Coefficient de perméabilité
Ko	Coefficient de perméabilité d'un sol saturé
k	Coefficient de perméabilité intrinsèque
l	litre
L.I.E.	Limite inférieure d'explosibilité
L.I.I.	Limite inférieure d'inflammabilité
L.S.E.	Limite supérieure d'explosibilité
L.S.I.	Limite supérieure d'inflammabilité
m	Masse
MAK	Teneur maximale admissible (norme établie par la RFA)
MAK-D	Teneur maximale admissible courte durée (norme établie par la RDA)
MAK-K	Teneur maximale admissible (norme établie par la RDA)
max.	Maximum
max.	Maximum
mé/l	Milliéquivalent par litre
MIK	Teneur maximale d'immission (norme établie par la RDA)
min.	Minimum
mn	Minute
M mol.	Masse molaire
M vol.	Masse volumique
mol	Mole
MPT	Moyenne pondérée en fonction du temps
N	Newton
Pa . s	Pascal seconde
pds éq.	Poids équivalent
ppb	Parties par milliard (10^{-9})
ppm	Parties par million (10^{-6})
ppt	Parties par mille (10^{-3})
psi	*Pounds per square inch*
P	Pression
P_C	Pression critique
PEL	*Permissible Exposure Limit*
Po	Poise
Pt cong.	Point de congélation
Pt déf.	Point de déflagration
Pt dét.	Point de détonation
Pt ébul.	Point d'ébullition
Pt écl.	Point d'éclair
Pt écoul.	Point d'écoulement
Pt fus.	Point de fusion
Pt liq.	Point de liquéfaction
PVC	Chlorure de polyvinyle
q	Débit
q_e	Débit d'entrée
q_f	Débit de fuite
q_m	Débit-masse
q_s	Débit de sortie
q_v	Débit-volume
std	Standard
SM	Spectroscopie de masse
St	Stokes
STEL	*Short Term Exposure Limit*
t	Tonne
t	Temps
temp.	Température
$temp._C$	Température critique
TE 50	Teneur efficace moyenne
tf	Tonne forte
TI 50	Teneur inhibitrice moyenne
TLm	Tolérance moyenne
TL min.	Teneur létale minimale

TL 50	Teneur létale moyenne
TLV®	*Threshold Limit Value*
TLV® -C	*Threshold Limit Value-Ceiling*
TPN	Température et pression normales
TT min.	Teneur toxique minimale
u	Vitesse du vent
μ	Viscosité
vap	Vapeur
V	Vitesse d'écoulement
V biod.	Vitesse de biodégradation
V évap.	Vitesse d'évaporation
vol.	Volume
°Bé	Degré Baumé
°C	Degré Celsius
ø	Diamètre
x	Distance sous le vent
~~W~~	Ne pas utiliser d'eau comme moyen d'extinction

DÉFINITIONS

Les définitions figurant ci-dessous valent pour la collection "Enviroguide". Le lecteur notera qu'elles n'ont pas toujours une portée générale. Pour plus de détails, ou pour d'autres définitions, se reporter au manuel d'introduction de la collection.

Bio-accumulation. - Rétention sans cesse croissante d'une substance dans les tissus d'un organisme tout au long de son existence (le facteur de bioconcentration augmentant sans cesse).

Bio-amplification. - Rétention d'une substance dans les tissus à des teneurs de plus en plus élevées au fur et à mesure que l'on s'élève dans la hiérarchie des organismes de la chaîne alimentaire.

Bioconcentration. - Rétention d'une substance dans les tissus d'un organisme au point que la teneur des tissus en cette substance surpasse la teneur du milieu ambiant en cette substance, à un moment donné de la vie de cet organisme.

Concentration. - Comme ce mot a des sens multiples et parfois mal définis selon qu'il s'agit de chimie, de biologie ou d'"écologie, on lui a préféré des termes jugés plus précis, tels titre, teneur et bioconcentration.

Contaminant. - Polluant qui figure sur une liste de produits dangereux, établie en vertu de la Loi sur les contaminants de l'environnement.

Dose létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la dose définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible dose (autre que la DL 50) d'une substance dont l'absorption, excluant l'inhalation, en une ou plusieurs prises, au bout d'un temps donné, a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. DL min.

Dose létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la dose qui tue, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. DL 50.

Dose létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la dose (calculée) d'une substance censée entraîner, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'absorption, excluant l'inhalation, d'une quantité de cette substance par un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. DL 50.

Dose toxique minimale. - La plus faible dose d'une substance, introduite par toute autre voie que l'inhalation, pendant quelque période de temps que ce soit, dont l'absorption a été signalée comme cause d'effet toxique chez des personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. DT min.

Facteur de bioconcentration. - Rapport de la teneur en une substance des tissus d'un organisme exposé (moins la teneur d'un organisme témoin) à la teneur en cette substance du milieu ambiant.

IDLH ***(Immediately Dangerous to Life or Health).*** - Teneur plafond à laquelle, dans un délai maximal d'exposition de 30 minutes, il est possible à une personne de fuir les lieux exposés sans qu'il n'y ait manifestation de signes fonctionnels d'intoxication, perturbation irréversible de la santé ou décès. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Immission. - Transfert d'un polluant de l'atmosphère vers un "récepteur" qui peut être une personne, un animal, une plante. La teneur maximale d'immission, mentionnée au chapitre 7, se rapporte au polluant retenu dans les poumons. Il s'agit d'un concept d'origine allemande, adopté par l'ISO.

Létal. - En toxicologie, synonyme de mortel.

MAK *(Maximale Arbeidsplatz Konzentration).* - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RFA.

MAK-D. - Teneur limite moyenne admissible en milieu de travail, compte tenu de semaines de 45 heures et de journées de 8 heures. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

MAK-K. - Teneur limite admissible en milieu de travail pour une période très courte ne dépassant pas 30 minutes. Il s'agit d'une norme établie par la RDA.

PEL *(Permissible Exposure Limit).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle peuvent être exposés des travailleurs pendant une période de relève. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par le NIOSH.

Polluant. - Agent physique, chimique ou biologique qui provoque une dégradation dans un milieu donné.

STEL *(TLV Short Term Exposure Limit).* - Teneur limite à laquelle les travailleurs peuvent être exposés de façon continue pour une courte période sans souffrir d'irritation, de dommage irréversible aux tissus ou d'une narcose suffisamment grave pour accroître la probabilité de blessure par accident, diminuer la capacité de fuir ou réduire physiquement l'efficacité au travail, en prenant pour acquis que la TLV quotidienne n'a pas été dépassée. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

Teneur. - Quantité de matière solide, liquide ou gazeuse, rapportée à une masse ou à un volume d'autres matières dans lesquelles elle est en mélange, suspension ou dissolution.

Teneur efficace moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-faune, il s'agit de la teneur à laquelle se produit, chez 50 p. 100 de la population, pour une durée d'exposition donnée, un effet tel que l'immobilisation, la perte de l'équilibre, une déficience de croissance ou même la mort. Abrév. TE 50.

Teneur inhibitrice moyenne. - Dans le cas de la toxicité pour la micro-flore ou la micro-faune, il s'agit de la toxicité qui inhibe à 50 p. 100 une activité biologique (par exemple, la croissance) en un temps déterminé. Abrév. TI 50.

Teneur létale minimale. - Dans le cas de la toxicité pour l'homme (la teneur définie ici peut être extrapolée à l'homme), il s'agit de la plus faible teneur (autre que la TL 50) de l'air en une substance dont l'inhalation a été signalée comme cause de la mort d'un animal ou d'une personne. Abrév. TL min.

Teneur létale moyenne (1). - Dans le cas de la toxicité pour l'animal, il s'agit de la teneur à laquelle meurent, au bout d'un temps donné, 50 p. 100 des animaux auxquels on a fait absorber une certaine quantité de substance. Abrév. TL 50.

Teneur létale moyenne (2). - À des fins de comparaison ou d'extrapolation dans l'étude de la toxicité pour l'homme, il s'agit de la teneur (calculée) de l'air en une substance dont l'inhalation est censée provoquer, au bout d'un temps donné, la mort de 50 p. 100 d'une population homogène d'animaux. Elle est déterminée par suite de l'exposition d'un lot statistiquement significatif d'animaux provenant de cette population. Abrév. TL 50.

Teneur plafond. - Teneur maximale admissible établie pour une durée d'exposition bien déterminée, dans le cas d'une substance très toxique. (L'IDLH et la TLV® -C sont des teneur plafonds.)

Teneur toxique minimale. - La plus faible teneur de l'air en une substance à laquelle des personnes ou des animaux ont été exposés, pour quelque période de temps que ce soit, sans qu'il ait eu d'effet toxique chez les personnes ou d'effets carcinogènes, néoplastogènes ou tératogènes chez les animaux ou les personnes. Abrév. TT min.

Titre (d'une solution, en chimie). - Rapport de la masse d'une substance dissoute

à la masse totale ou du nombre de moles d'un constituant au nombre total de moles.

TLV® *(Threshold Limit Value).* - Teneur limite moyenne (pondérée en fonction du temps) à laquelle la majorité des travailleurs peuvent être exposés régulièrement à raison de 8 heures par jour, 5 jours par semaine, sans subir d'effet nocif. Il s'agit d'une valeur définie et déterminée par l'ACGIH.

TLV® -C *(Threshold Limit Value-Ceiling).* - Teneur limite admissible pour un moment donné. Il s'agit d'une valeur plafond définie et déterminée par l'ACGIH.

Tolérance moyenne. - Niveau de tolérance correspondant à la teneur à laquelle 50 p. 100 des sujets d'un test survivent au bout d'un temps donné. Abrév. TLm.

SIGLES

ACGIH	American Conference of Government Industrial Hygienists
ANSI	American National Standards Institute
ASTM	American Society for Testing and Materials
AWQC	Ambient Water Quality Criteria (USA)
AWWA	American Water Works Association
CBG	Chemical Buyer's Guide (USA)
CCD	Condensed Chemical Dictionary (USA)
CCPA	Canadian Chemical Producers Association
CCT	Commission canadienne des transports
CHRIS	Chemical Hazards Response Information System (USA)
EPA	Environmental Protection Agency (USA)
DOT	Department of Transportation (USA)
ITII	International Technical Information Institute (Japon)
MCA	Manufacturing Chemists Association (USA)
MDT	Ministère des Transports (du Canada)
NACE	National Association of Corrosion Engineers (USA)
NAS	National Academy of Sciences (USA)
NFPA	National Fire Protection Association (USA)
NIOSH	National Institute of Occupational Safety and Health
NRC	National Research Council (USA)
OSHA	Occupational Safety and Health Administration (USA)
STCC	Standard Transportation Commodity Code

1 RÉSUMÉ

Styrène ($C_6H_5CH{:}CH_2$)

Le styrène est un liquide incolore, dégageant une odeur aromatique désagréable (odeur de jacinthe, avec note ambrée).

Synonymes

Vinylbenzène, cinnamène, styrolène, phényléthylène, phényléthane.

Numéros d'identification

UN 2055 (inhibé); CAS 100-42-5; OHM-TADS 7216911; STCC 4907265.

Qualités et titres

Commerciale ou de polymérisation: 99,5 ou 99,6 p. 100, avec du para-tert-butylcatéchol (TBC) (inhibiteur).

Dangers immédiats

Incendie. - Le styrène est inflammable. Les vapeurs peuvent se propager vers une source d'allumage et provoquer un retour de flamme. À des températures élevées, il peut se produire une polymérisation.

Effet sur l'homme. - Modérément toxique, en cas d'inhalation ou d'ingestion.

Effet sur l'environnement. - Toxique pour certaines espèces du milieu aquatique à de faibles teneurs.

Données relatives aux propriétés physiques

État (à 15 °C; 1 atm)	Liquide
Point d'ébullition	145,2 °C
Point de congélation	-30,6 °C
Inflammabilité	Inflammable
Point d'éclair	32 °C (coupelle fermée)
Pression de vapeur	0,6 kPa à 20 °C
Masse volumique	0,906 g/ml à 25 °C
Solubilité dans l'eau	0,3 g/100 ml à 25 °C
Comportement dans l'eau	Flotte; aucune réaction
Comportement dans l'air	Vapeurs plus lourdes que l'air
Plage du seuil olfactif	0,05 à 0,15 ppm

Polymérisation	Se produit en présence de chaleur, à la suite d'une exposition à un catalyseur ou de l'épuisement de l'inhibiteur.

Dangers pour l'environnement

Le styrène est toxique pour les organismes aquatiques à des teneurs aussi faibles que 20 mg/l. Il se bio-accumule chez les poissons et colore leur chair.

Dangers pour l'homme

Teneur maximale admissible (TLV®) établie par l'ACGIH: 50 ppm (215 mg/m^3).

Teneur immédiatement dangereuse pour la vie ou la santé (IDLH) établie par le NIOSH: 5000 ppm.

Effets en cas d'inhalation. - Irritation des muqueuses, difficultés respiratoires, toux, étourdissements, fatigue et perte de conscience.

Effets en cas de contact. - Un contact prolongé ou répété avec la peau peut provoquer des irritations modérées. Le contact avec les yeux peut provoquer un assèchement et un fendillement et causer des dommages longs à guérir à la cornée.

Dispositions immédiates à prendre

• En cas de déversement

Interdire l'accès aux lieux où s'est produit l'accident. Signaler: "Produit inflammable". Appeler les pompiers et prévenir le fabricant. Éliminer les causes possibles d'inflammation, interrompre le fonctionnement des divers appareils et la circulation des véhicules automobiles. Arrêter l'écoulement et confiner la nappe de liquide, si cela ne présente aucun danger. Éviter tout contact avec le liquide et les vapeurs qu'il dégage. Se tenir face au vent, la nappe derrière soi. Empêcher toute eau polluée d'atteindre un égout ou un cours d'eau.

• En cas d'incendie

Ne pas éteindre l'incendie à moins de pouvoir arrêter la fuite. Utiliser de la mousse, des poudres sèches, de la neige carbonique ou un jet d'eau. Refroidir avec de l'eau les récipients exposés aux flammes. Se tenir éloigné des extrémités des citernes.

Mesures d'intervention d'urgence

• Styrène répandu sur le sol

Construire des barrages pour confiner la nappe ou la diriger vers des surfaces imperméables. Enlever le produit au moyen de pompes ou d'appareils fonctionnant à dépression. Absorber ce qui reste à l'aide de sciure de bois, de sable ou de sorbants synthétiques (incombustibles); ramasser le tout à la pelle et placer les matières imbibées dans des récipients qui peuvent être fermés.

• Styrène déversé dans l'eau

Confiner la nappe au moyen de barrages flottants ou d'obstacles naturels, ou par dérivation. Utiliser des écumoirs superficiels ou des tuyaux d'aspiration pour enlever le produit, puis appliquer des sorbants pour éliminer toute trace.

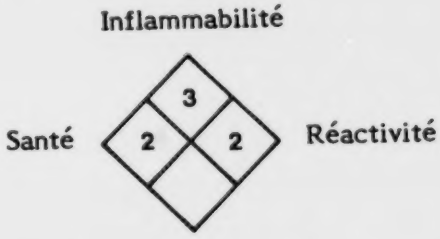
• Styrène émis dans l'atmosphère

Utiliser un jet d'eau pour disperser les vapeurs inflammables. Confiner l'eau de ruissellement afin de pouvoir l'épurer ou l'enlever plus tard.

Niveau de gravité du risque selon la NAS (étatsunienne)

(Catégorie)	(Niveau)
Incendie	3
Santé	
Irritation causée par des vapeurs	2
Irritation causée par le produit à l'état liquide ou solide	2
Intoxication	2
Pollution de l'eau	
Toxicité pour l'homme	1
Toxicité pour les espèces vivantes du milieu aquatique	3
Atteinte à l'esthétique de l'environnement	2
Réactivité	
Autres produits chimiques	2
Eau	0
Réaction spontanée	3

Évaluation du risque selon la NFPA (étatsunienne)



Champ inférieur vide: utiliser l'eau comme moyen d'extinction

2 PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

Aspect	Liquide huileux incolore (Dow MSDS, 1979)
État à l'expédition	Liquide; inhibé par du para-tert-butylcatéchol (TBC) (Dow MSDS, 1979)
État d'agrégation (15 °C; 1 atm)	Liquide
Variables d'état	
Point de congélation	-36 °C (Kirk-Othmer, 1983)
Point d'ébullition	145,2 °C; (CRC, 1980; TAB, 1981)
Pression de vapeur	0,60 kPa à 20 °C (Kirk-Othmer, 1983)
Masse volumique et densités	
Masse volumique	Liquide: 0,9059 g/ml à 20 °C (Kirk-Othmer, 1983) Vapeur: 0,280 g/l à 15 °C (Verschueren, 1984)
Densité relative du liquide (eau = 1)	0,9044 (25°/25 °C) (Dow MSDS, 1979)
Densité relative de la vapeur (1 atm)	3,6 (Dow MSDS, 1979)
Propriétés relatives à la combustion	
Inflammabilité	Liquide inflammable (NFPA, 1978)
Point d'éclair (coupelle fermée) (coupelle ouverte)	32 °C (NFPA, 1978) 31,3 °C - 34,4 °C (Kirk-Othmer, 1983)
Température d'inflammation spontanée	490 °C (NFPA, 1978)
Vitesse de combustion	52 mm/mn (CHRIS, 1978)
Limite supérieure d'inflammabilité	6,1 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Limite inférieure d'inflammabilité	1,1 p. 100 (vol./vol.) (NFPA, 1978)
Chaleur de combustion	4263 kJ/mol (25 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Produits de la combustion	Dioxyde de carbone et eau (CRC, 1980)
Risque de retour de flamme	Les vapeurs peuvent parcourir une distance considérable vers une source d'inflammation et provoquer un retour de flamme (NFPA, 1978).
Comportement dans un incendie	À des températures élevées, il peut se produire une polymérisation incontrôlable (NFPA, 1978). Les vapeurs de monomère de styrène sont non inhibées et peuvent former des polymères dans les conduites d'aération et les citernes, causant leur obturation (NFPA, 1978).
Risque d'allumage électrique	Peut s'enflammer à la suite d'une décharge d'électricité statique.

Autres propriétés

Masse molaire de la substance	104,16 (CRC, 1980)
Composition caractéristique de la qualité commerciale	99,6 p. 100 de styrène avec une teneur maximale de 55 ppm de para-tert-butylcathécol (inhibiteur) (Dow MSDS, 1979)
Indice de réfraction	1,5468 (20 °C) (CRC, 1980)
Viscosité	0,763 mPa . s (20 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Tension superficielle avec l'air	30,86 mN/m (20 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Tension interfaciale avec l'eau	35,48 mN/m (19 °C) (CHRIS, 1978)
Chaleur latente de fusion	10,95 kJ/mol (au point de fusion) (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur latente de sublimation	43,9 kJ/mol (25 °C) (Lange's Handbook, 1979)
Chaleur latente de vaporisation	44,6 kJ/mol (25 °C), 36,9 kJ/mol (145 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Chaleur de formation	-103,8 kJ/mol (25 °C) (Sussex, 1977)
Potentiel d'ionisation	84,2 eV (Rabalais, 1977)
Chaleur de polymérisation	74,48 kJ/mol (Kirk-Othmer, 1983)
Contraction volumique lors de la polymérisation	17 p. 100 (Kirk-Othmer, 1983)
Coefficient de dilatation volumique	$9,71 \times 10^4$ (20 °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Équation de pression de vapeur d'Antoine	$\log_{10} P = 6,08201 - (1445,58/(209,43 + T))$ (P = kPa, T = °C) (Kirk-Othmer, 1983)
Capacité thermique massique, à pression constante	Liquide: 1,690 J/(g . K) (20 °C) (Kirk-Othmer, 1980) Vapeur: 1,179 J/(g . K) (25 °C) (Kirk-Othmer, 1980)
Pression critique	3810 kPa (Kirk-Othmer, 1983)
Température critique	369 °C (Kirk-Othmer, 1983)
Teneur saturante	31 g/m^3 (20 °C) (Verschueren, 1984) 52 g/m^3 (30 °C) (Verschueren, 1984)
$\log_{10}$ du coefficient de partage octanol/eau	2,95 (Hansch et Leo, 1979)
Vitesse d'évaporation	0,13 g/(m^{2}s) (20 °C, vent de 4,5 m/s) (dans la présente publication)

Solubilité

dans l'eau	0,028 g/100 ml (15 °C) (Verschueren, 1984) 0,04 g/100 ml (40 °C) (Verschueren, 1984) 0,03 g/100 ml (25 °C) (Kirk-Othmer, 1983) (Note. - L'eau est soluble dans le styrène jusqu'à des teneurs de 0,07 g/100 ml à 25 °C (Kirk-Othmer, 1983).)

dans d'autres substances	Soluble dans le méthanol et le sulfure de carbone (CRC, 1980). Complètement miscible avec l'acétone, le tétrachlorure de carbone, le benzène, l'éther, le n-heptane et l'éthanol (Kirk-Othmer, 1983).
Facteur de conversion	
pour les vapeurs	1 ppm = 4,323 mg/m^3 (20 °C) (Verschueren, 1984)

Comportement pendant la polymérisation

Le styrène pur se polymérise lentement à la température ambiante et plus rapidement à des températures plus élevées. La chaleur dégagée par la polymérisation (chaleur de polymérisation) est très importante: une fois la polymérisation entreprise, le procédé peut s'auto-accélérer. Les températures peuvent alors approcher les 300 °C pendant une polymérisation incontrôlée. Cet accroissement de température peut entraîner de fortes hausses de pression dans un récipient fermé. Même un petit récipient d'environ 1 litre a présenté une hausse de température de 20 à 30 °C; un récipient de 4 litres a subi une augmentation de 100 à 200 °C pendant une polymérisation incontrôlée (Brighton, 1979; Dow, 1981).

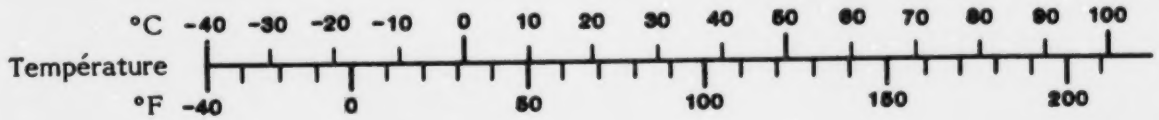
Le TBC (p-t-butylcatéchol) est utilisé partout comme inhibiteur de polymérisation à des teneurs de 10 à 60 ppm. Le TBC se transforme lentement en quinone et finit ainsi par s'épuiser. Il a été démontré que des échantillons contenant 6 à 8 ppm de TBC n'étaient pas adéquatement protégés contre la polymérisation. Pour plus d'efficacité, le TBC a besoin de la présence d'oxygène dissout. L'effet de l'inhibiteur et de l'oxygène sur la vie utile du produit (c'est-à-dire avant la possibilité de polymérisation) est ainsi évalué (Dow, 1981):

	12 ppm de TBC		50 ppm de TBC
Température	Saturation en oxygène	Faible teneur en oxygène	Saturation en oxygène
15 °C	6 mois	10 à 15 j	plus de 1 an
30 °C	3 mois	4 à 5 j	3 à 4 mois
43 °C	8 à 12 j	moins de 1 j	moins de 30 j

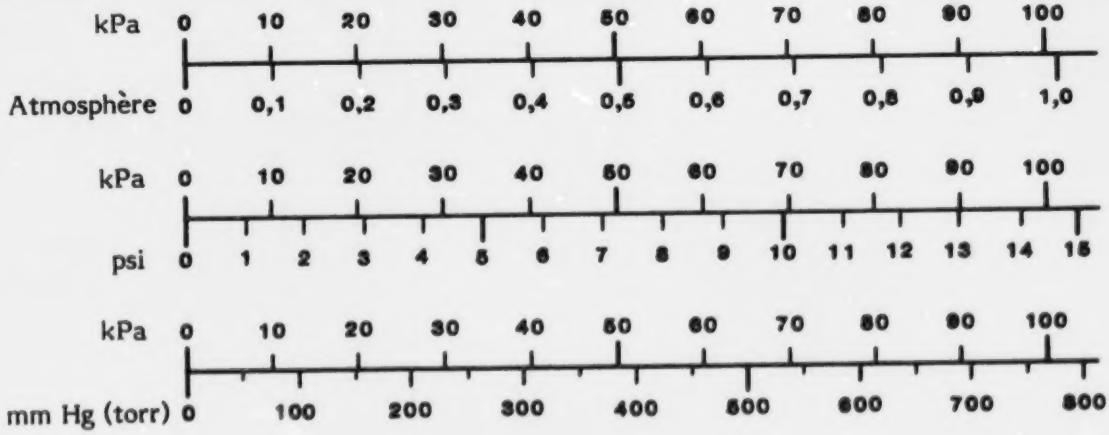
La polymérisation peut être déclenchée (avec ou sans la présence de TBC) par un certain nombre de catalyseurs comme des acides, des bases, etc. Elle peut également être déclenchée au cours d'un déversement à la suite d'un contact avec le sol, si toutes les autres conditions s'y prêtent (Santodonato, 1980).

Tableau 1

STYRÈNE — NOMOGRAMMES DE CONVERSION



Pression 1 kPa = 1000 Pa



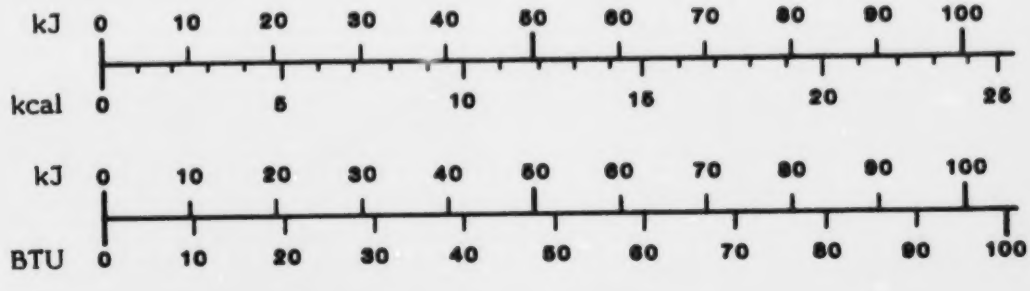
Viscosité

Dynamique 1 Pa . s = 1000 centipoises (cPo)

Cinématique 1 m^2/s = 1 000 000 centistokes (cSt)

Teneur (de l'eau)
1 ppm ≈ 1 mg/l

Énergie (chaleur) 1 kJ = 1000 J



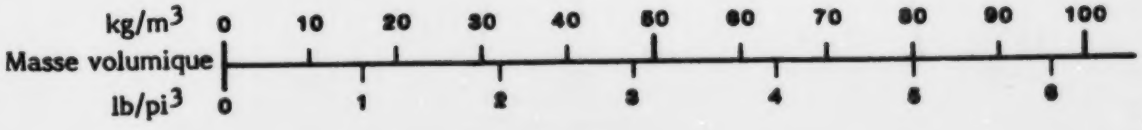


Figure 1

STYRÈNE

PRESSION DE VAPEUR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1975

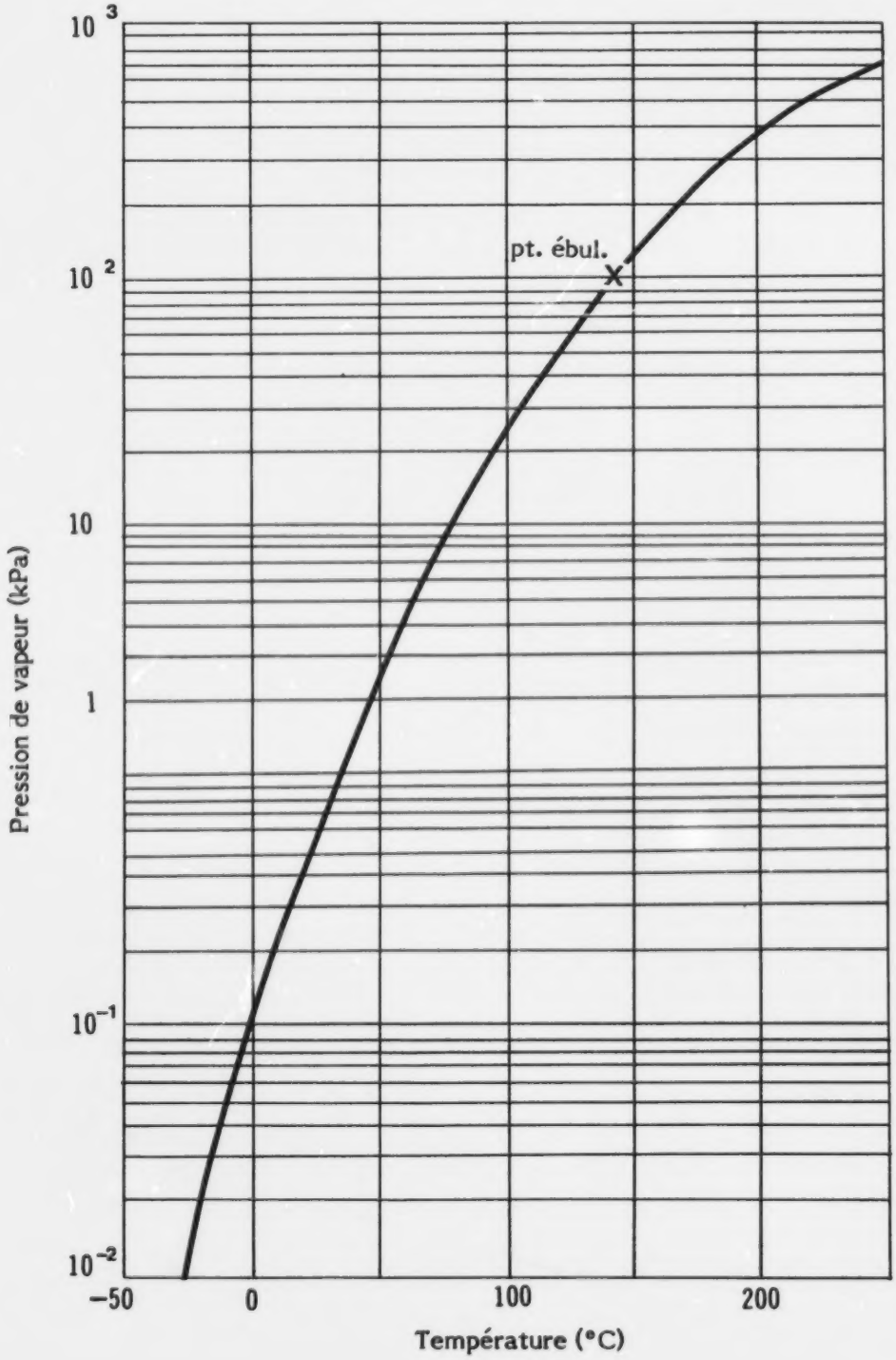


Figure 2

STYRÈNE

MASSE VOLUMIQUE DU LIQUIDE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

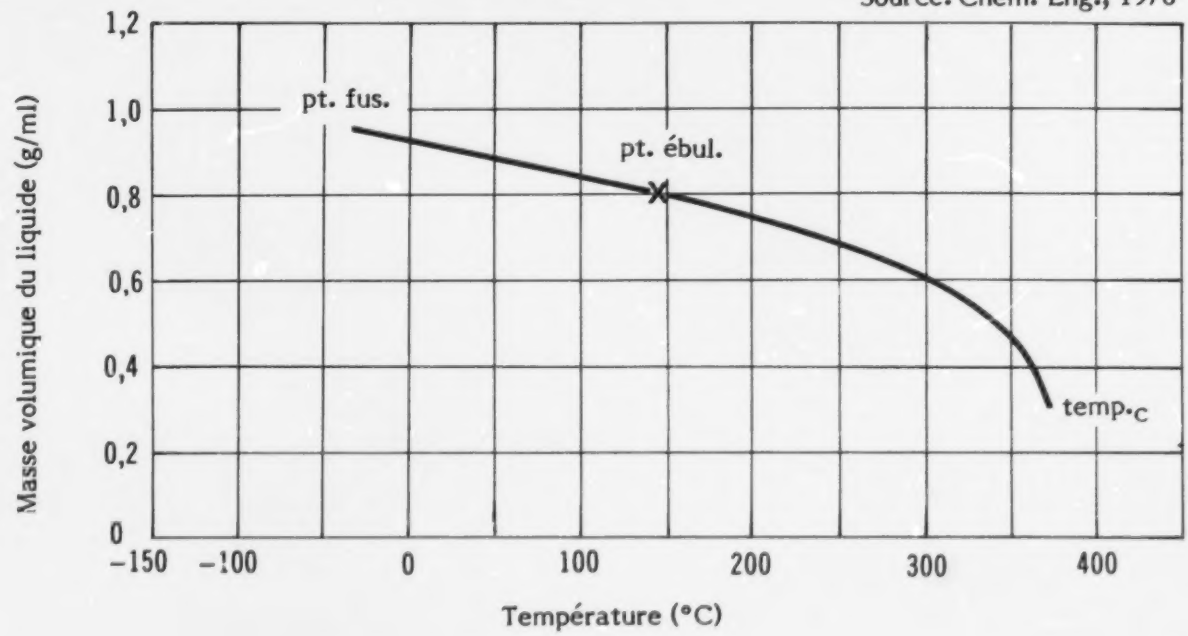


Figure 3

STYRÈNE (non inhibé)

VITESSE DE POLYMÉRISATION

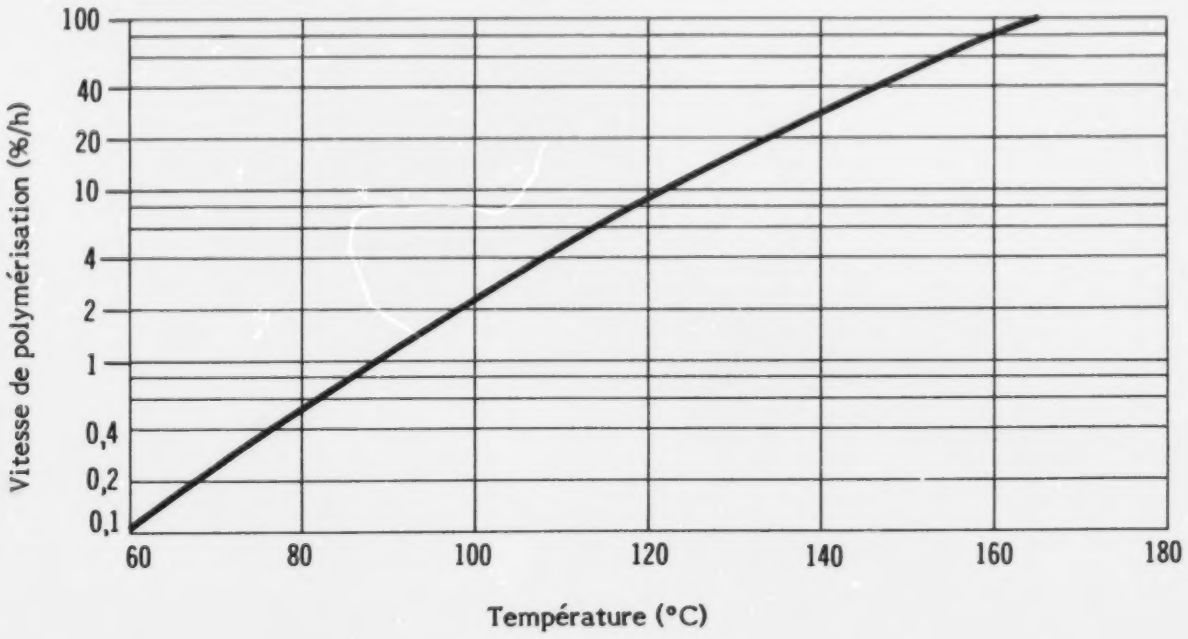


Figure 4

STYRÈNE

VISCOSITÉ DU LIQUIDE
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

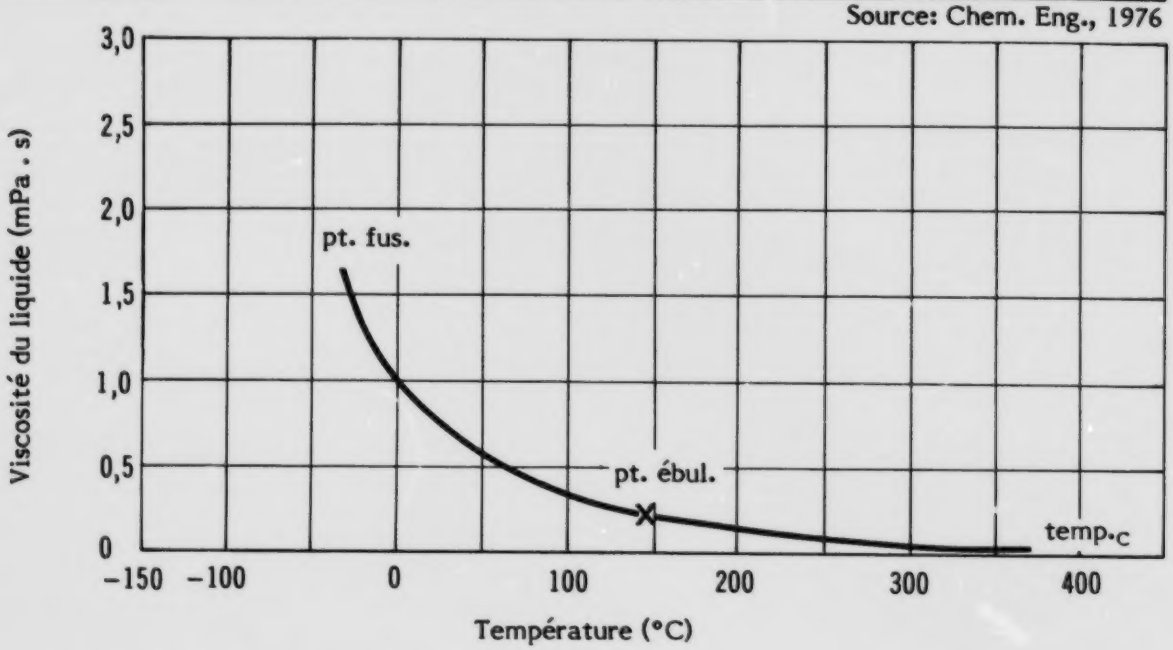


Figure 5

STYRÈNE

VISCOSITÉ DE LA VAPEUR
EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

Source: Chem. Eng., 1976

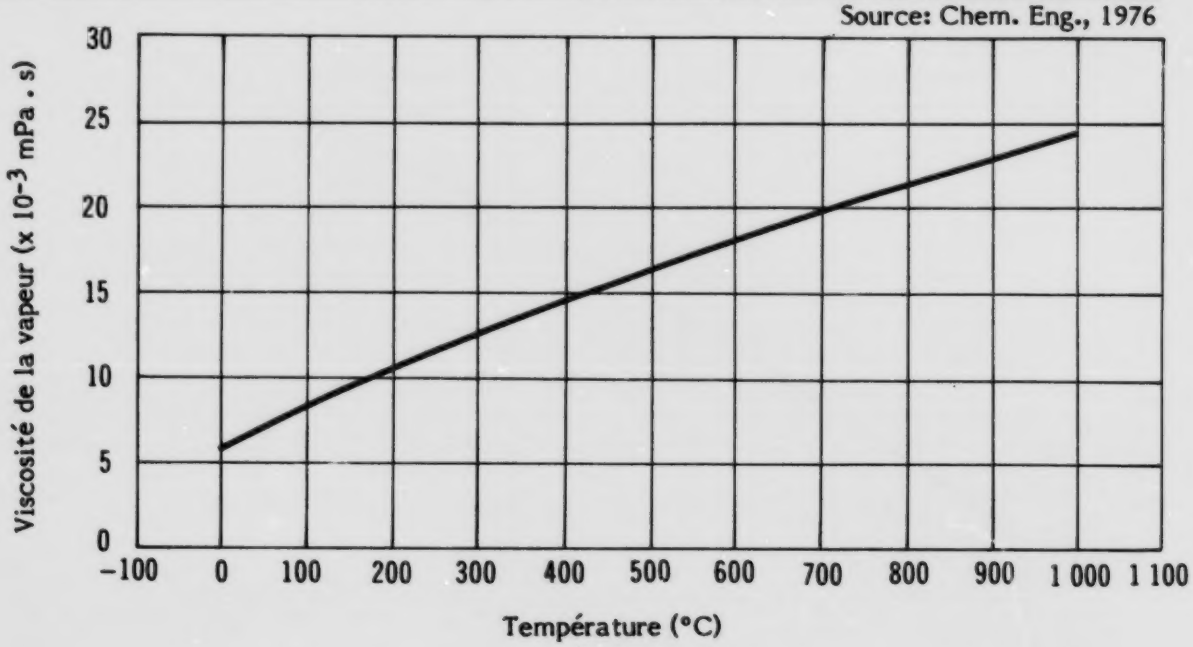
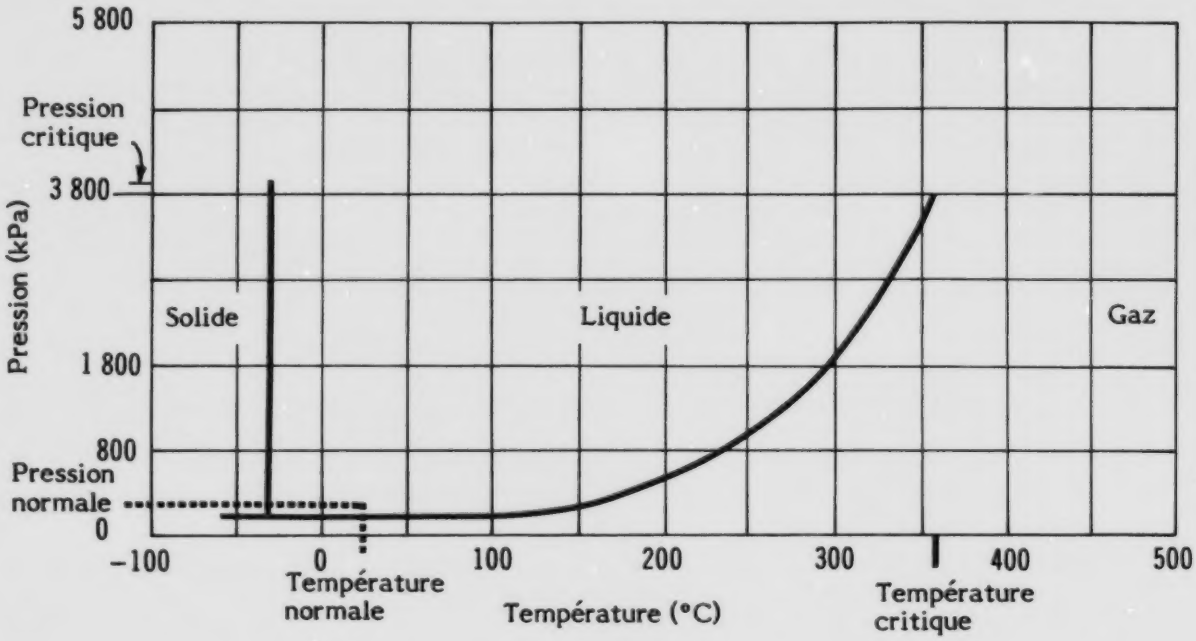


Figure 6

STYRÈNE — **DIAGRAMME DE PHASES**



3 PRODUCTION, TRANSPORT ET COMMERCE

3.1 Qualité et titre du produit

Le styrène est vendu à l'état liquide à un titre de 99,5 à 99,6 p. 100 et contient de 10 à 60 ppm de TBC (p-tert-butylcatéchol), un inhibiteur. Les teneurs des composantes d'une qualité commerciale caractéristique (qualité polymérisation) sont les suivantes (Kirk-Othmer, 1983; Brighton, 1979; Santodonato, 1980):

Styrène: 99,5 à 99,6 p. 100
Polymère: < 10 ppm
TBC: 10 à 60 ppm
Éthylbenzène: 0,1 p. 100
Aldéhydes: 70 à 200 ppm
Peroxydes: 5 à 30 ppm
Chlorures : 5 à 10 ppm
Soufre: 5 à 10 ppm
Eau: 0,01 p. 100
Autres comp. en C_8: 400 à 800 ppm
Autres comp. en C_9: 500 à 1000 ppm

3.2 Fabricants situés au Canada (Corpus, 1983; CCPA, 1981)

Voici les adresses des sièges sociaux des sociétés productrices. Le lecteur notera qu'elles ne sont pas fournies ici dans le but qu'on s'en serve comme premier recours en cas de déversement accidentel.

Dow Chemical Canada Inc., Box 1012, Modeland Road, Sarnia, Ontario, N7T 7K7, (519) 339-3131
Polysar Ltd., 201 Front Street North, Sarnia, Ontario, N7T 7V1, (519) 332-1212

3.3 Autres fournisseurs (CBG, 1980; Scott, 1979)

Apco Industries Co. Ltd., 10 Industrial Street, Toronto, Ontario, M4G 1Z1, (416) 421-6161
BASF Canada Ltd., 5850, côte de Liesse, Montréal, Québec, H4T 1C1, (514) 341-5411
Ciscohem Inc., 63 Selby Road, Brampton, Ontario, L6W 1K5, (416) 459-4540
CPS Chemical Canada Ltd., 6600, route Transcanadienne, Pointe-Claire, Québec, H9R 4S2, (514) 695-0610
International Chemical Canada Ltd., P.O. Box 395, Brampton, Ontario, L6V 2L3, (416) 453-4234
Pigment & Chemical Co. Ltd., 5757, boul. Cavendish, Montréal, Quèbec, H4W 2W8, (514) 489-9396
Recochem Inc., 850, montée de Liesse, Montréal, Québec, H9S 1H7, (514) 341-3550

3.4 Centres de production et transport

Tout le styrène fabriqué au Canada provient de la région de Sarnia. Les principaux clients se trouvent en Ontario et au Québec; quelques autres sont situés dans les provinces de l'Ouest. Ils reçoivent le produit par wagons-citernes ou camions-citernes.

3.5 Volume de production (Corpus, 1983)

Capacité nominale comparée au total des approvisionnements

Société, ville, province	Capacité nominale kilotonnes/an (1981)
Dow Chemical Canada, Sarnia, Ontario	55
Polysar, Sarnia, Ontario	272
Total	327
Production nationale (1982)	290,5
Importations (1982)	0,6
Total des approvisionnements	291,1

3.6 Fabrication industrielle (FKC, 1975; Brighton, 1979; Tossavainen, 1978)

3.6.1 Information générale. - L'éthylbenzène est transformé par déshydrogénation catalytique pour former le styrène.

3.6.2 Matière première. - L'éthylbenzène est la matière première servant à la fabrication du styrène.

3.6.3 Procédé de fabrication. - L'éthylbenzène purifiée est préchauffé à 520 °C, mélangé avec de la vapeur surchauffée à 700 °C et introduit de façon continue dans un réacteur (600 à 650 °C) contenant un catalyseur déshydrogénant (en général, un catalyseur oxydant comme le zinc ou l'oxyde de fer). Environ 35 p. 100 de la charge d'éthylbenzène est transformée en styrène:

Le produit de réaction traverse une série d'échangeurs de chaleur pour être refroidi et condensé. Le premier échangeur de chaleur condense le goudron; le dernier condense la vapeur, le styrène, le toluène et le benzène; les gaz d'échappement sont dirigés vers un système de réfrigération-récupération.

On ajoute un inhibiteur de polymérisation au condensat contenant le styrène et ce condensat est distillé sous vide dans une série de colonnes. On ajoute à nouveau un inhibiteur de polymérisation à la fraction styrène qui est stockée alors que l'éthylbenzène est recyclé. Le rendement global en styrène est d'environ 90 p. 100.

3.7 Principales utilisations au Canada (Corpus, 1983)

Le styrène sert à la fabrication du polystyrène, des résines ABS/SAN, de bobinages SB, de caoutchouc SB et de résines de polyester. En 1982, 44 p. 100 de la production canadienne ont été consacrés à la fabrication de polystyrène et 36 p. 100 ont été exportés.

3.8 Principaux acheteurs au Canada (Corpus, 1983)

Alcore Fabricating, Richmond Hill, Ont.
Almatex, London, Ont.
Ashland Chemical, Mississauga, Ont.
Avmor, Montréal, Qc
BASF Canada, Laval, Qc
Borg-Warner Chemicals, Cobourg, Ont.
C-I-L Paints, Toronto, Ont.
Canadian General Electric, Toronto, Ont.
Du Pont Canada, Ajax, Ont.
Fiberglas Canada, Guelph, Ont.
Fiberplast Products, Winfield, C.-B.
Glidden (SCM), Toronto, Ont. C.-B.
ICL Engineering, Vancouver,
Inmont Canada, Toronto, Ont.
Iroquois Chemicals, Cornwall, Ont.
SC Johnson & Son, Brantford, Ont.
Mia Chemical, Toronto, Ont.
Monsanto Canada, LaSalle, Qc
Moore, Benjamin, Toronto, Ont.
Northwest Industries, Edmonton, Alb.
Polyresins, Toronto, Ont.
Potton Chemical, Mansonville, Qc
Precisioneering, Toronto, Ont.
Protective Plastics, Milliken, Ont.
Reichhold, Toronto, Ont.
Rohm & Haas, Toronto, Ont.
Schenectady Chemicals, Toronto, Ont.
Sherwin-Williams, Montréal, Qc
Temuss Products, Ajax, Ont.
Texstyrene Plastics, Baie-d'Urfé, Qc

4 MANUTENTION DU PRODUIT ET COMPATIBILITÉ

4.1 Citernes et autres récipients d'expédition

4.1.1 Transport en vrac. - Le styrène est transporté en vrac dans des wagons-citernes et dans des véhicules-citernes routiers.

4.1.1.1 Wagons-citernes. - Les wagons-citernes servant au transport du monomère styrène sont décrits au tableau 2 (TCM, 1979; RTDCR, 1974). Le tableau 3 donne en détail les caractéristiques d'un wagon-citerne servant au transport du monomère de styrène (fig. 7). Les wagons-citernes utilisés peuvent être déchargés sous l'effet de la pesanteur par un orifice de déchargement par le bas de 152 mm (6 po) de diamètre, muni d'un robinet à tournant conique (TDGC, 1980). On peut aussi décharger les wagons par le haut au moyen d'une pompe (MCA, 1971). Dans ce cas, le liquide passe par un tube plongeur de déchargement qui va du bas de la citerne jusqu'à la plate-forme de dôme où il se termine par un robinet de déchargement. Il n'est pas recommandé de décharger une citerne de monomère de styrène sous pression d'air; il est toutefois recommandé d'utiliser une atmosphère d'azote (CCPA, 1983).

Tableau 2

Wagons-citernes de spécifications 111A60W1, 111A60F1, 111A100W1, 103W, 104W

Spécification CCT/DOT*	Description
111A60W1	Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai, 414 kPa (60 psi).
111A60F1	Citerne en acier soudé à la forge sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai, 414 kPa.
111A100W1	Citerne en acier soudé par fusion sans dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Indicateur de niveau. Pression d'essai 414 kPa. Organe de déchargement par le bas ou bouchon d'évacuation des eaux de lavage par le bas (facultatif). Pression d'essai, 690 kPa (100 psi).
103W	Citerne en acier soudé par fusion avec dôme. Isolé ou non isolé. Creux minimal, 2 p. 100. Organe de déchargement par le bas ou bouchon d'évacuation des eaux de lavage par le bas (facultatif).
104W	Identique à 103W; mais isolé.

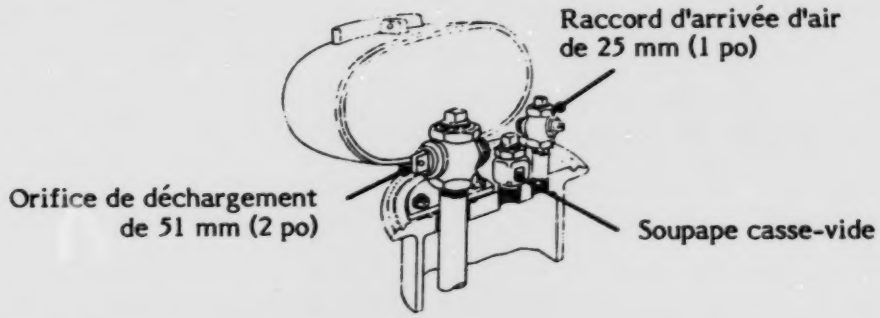
* Commission canadienne des transports/Department of Transportation (USA).

Figure 7

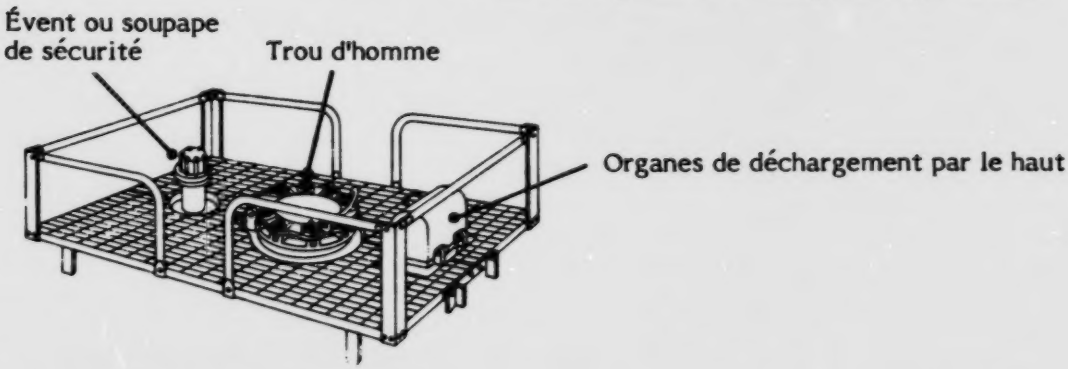
STYRÈNE

WAGON-CITERNE DE SPÉCIFICATION 111A60W1

(Sources: TCM, 1979; RTDCR, 1974)



Détail des organes de déchargement par le haut



Détail de plate-forme de dôme

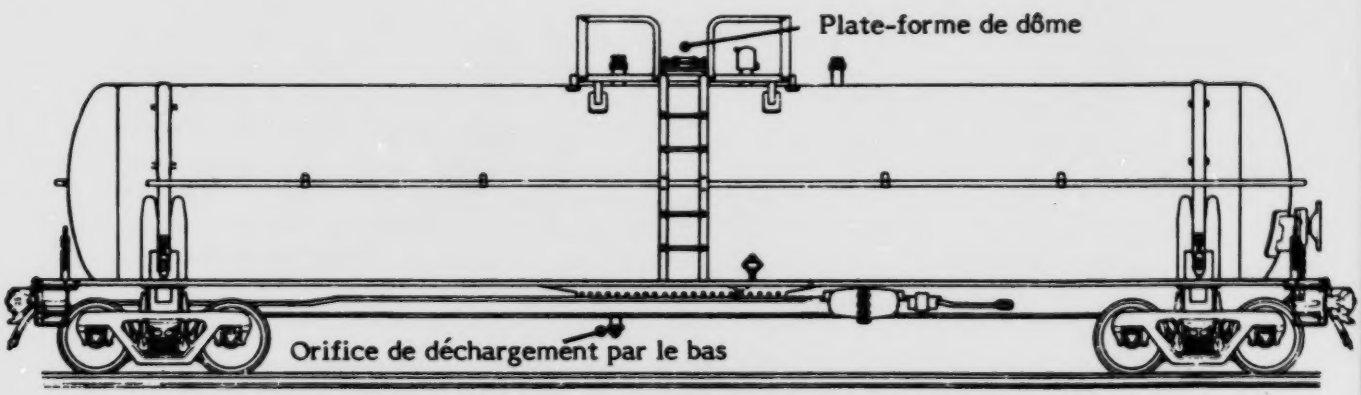


Tableau 3
Caractéristiques des wagons-citernes de spécification 111A60W1 (CCT/DOT)
(TCM, 1979; RTDCR, 1974)

Description	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Structure			
Capacité nominale	75 700 l (16 700 gal)	78 000 l (17 200 gal)	90 900 l (20 000 gal)
Tare	33 900 kg (74 700 lb)	33 900 kg (74 700 lb)	38 900 kg (85 800 lb)
Masse brute	119 000 kg (263 000 lb)	83 500 kg (184 000 lb)	119 000 kg (263 000 lb)
Citerne			
Matériau	Acier	Acier	Acier
Épaisseur	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)	11,1 mm (7/16 po)
Diamètre intérieur	2,60 m (102 po)	2,62 m (103 po)	2,74 m (108 po)
Pression d'essai	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)	414 kPa (60 psi)
Pression d'éclatement	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)	1640 kPa (240 psi)
Dimensions approximatives			
Longueur avec organes d'attelage	17 m (57 pi)	17 m (57 pi)	18 m (60 pi)
Longueur avec pylônes de choc	16 m (53 pi)	16 m (53 pi)	17 m (57 pi)
Distance entre les pivots de bogie	13 m (42 pi)	13 m (42 pi)	14 m (45 pi)
Hauteur au sommet du caillebotis	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)	4 m (12 pi)
Hauteur hors-tout	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)	5 m (15 pi)
Largeur hors-tout (avec poignées)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)	3,2 m (127 po)
Longueur du caillebotis	2 - 3 m (8 - 10 pi)	2 - 3 m (8 - 10 pi)	2 - 3 m (8 - 10 pi)
Largeur du caillebotis	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)	1,5 - 2 m (5 - 6 pi)
Déchargement par le haut			
Raccord de déchargement	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)	51 mm (2 po)
Orifice de remplissage/ trou d'homme	203 - 356 mm (8 - 14 po)	203 - 356 mm (8 - 14 po)	203 - 356 mm (8 - 14 po)
Raccord d'arrivée d'air	25 - 51 mm (1 - 2 po)	25 - 51 mm (1 - 2 po)	25 - 51 mm (1 - 2 po)
Déchargement par le bas			
Orifice de déchargement par le bas	102 - 152 mm (4 - 6 po)	102 - 152 mm (4 - 6 po)	102 - 152 mm (4 - 6 po)

Description	Capacité nominale de la citerne (gal imp.)		
	16 700	17 200	20 000
Dispositifs de sécurité	Évent ou soupape de sécurité		
Dôme	Aucun		
Isolation	Facultative		

Un évent de sécurité réglé à 414 kPa (60 psi) est exigé sur le dessus du wagon-citerne. Un indicateur de niveau du type à tige ou à ruban doit être utilisé. Le raccord de déchargement situé sur le dessus de la citerne doit être protégé par un manchon. La pression d'air maximale permise est de 448 kPa (65 psi) dans le cas des wagons-citernes de spécification 111A100W1 et de 276 kPa (40 psi) pour les wagons-citernes de spécification 111A60W1 ou 111A60F1 (TCM, 1979).

4.1.1.2 Véhicules-citernes routiers. - Le monomère de styrène est transporté dans des véhicules routiers équipés de citernes qui ne sont pas sous pression. La pression de calcul (ou pression nominale) de ces citernes ne doit pas dépasser 101 kPa (15 psi). Les citernes des véhicules routiers sont semblables à celles des wagons décrits précédemment. Les citernes sont habituellement déchargées par le haut au moyen d'un robinet de déchargement (MCA, 1971). L'équipement et les procédés de déchargement des véhicules-citernes routiers sont semblables à ceux des wagons-citernes (voir plus loin).

4.1.2 Transport en fûts. - En plus du transport en vrac par wagons-citernes et véhicules-citernes routiers, le monomère de styrène est aussi transporté dans des fûts. Divers matériaux peuvent servir à la fabrication des fûts. (TDGC, 1980). Les types de fûts les plus utilisés (doublés ou non) sont faits en psilomélane, en acier inoxydable ou en aluminium (tableau 4) (CCPA, 1983).

4.2 Déchargement

4.2.1 Matériel et procédés de déchargement des wagons-citernes. - Certaines précautions doivent être prises avant de procéder au déchargement (MCA, 1971).

- Vérifier que le réservoir pourvu d'évent est assez grand pour recevoir tout le contenu du wagon-citerne;
- Si le déchargement se fait la nuit, les dispositifs d'éclairage doivent être du type antidéflagrant;

Tableau 4
Caractéristiques des fûts utilisés pour le transport du styrène

Type de fût	Nº de code	Description	Figure
Acier	1A1	Dessus non amovible; réutilisable	8
	1A1A	1A1 avec rebords renforcés	8
	1A1B	1A1 avec collerette de fermeture soudée	8
	1A1D	1A1 avec revêtement intérieur (autre que le plomb)	8
	1A2	Dessus amovible; réutilisable	8
	1A3	Dessus non amovible; non réutilisable	8
Aluminium	1B1	Dessus non amovible	8
	1B2	Dessus amovible	8
Fût en acier avec récipient intérieur en matière plastique	6HA1	Tôle extérieure en acier en forme de fût. Récipient intérieur en matière plastique. Contenance de 225 litres (49 gal).	
Fût en carton avec récipient intérieur en matière plastique	6HG1	Récipient extérieur en carton de fabrication convolute (plusieurs épaisseurs enroulées concentriquement). Récipient intérieur en matière plastique en forme de fût. Contenance de 225 litres (49 gal).	

- Les employés ne doivent en aucun cas pénétrer dans le wagon-citerne;
- Il faut serrer les freins, caler les roues, mettre les dérailleurs en place et installer les écriteaux d'avertissement;
- Un quai de service offrant toutes les conditions de sécurité doit exister au point de déchargement;
- Les outils employés pendant le déchargement ne doivent pas produire d'étincelles;
- Le wagon doit être mis à la terre.

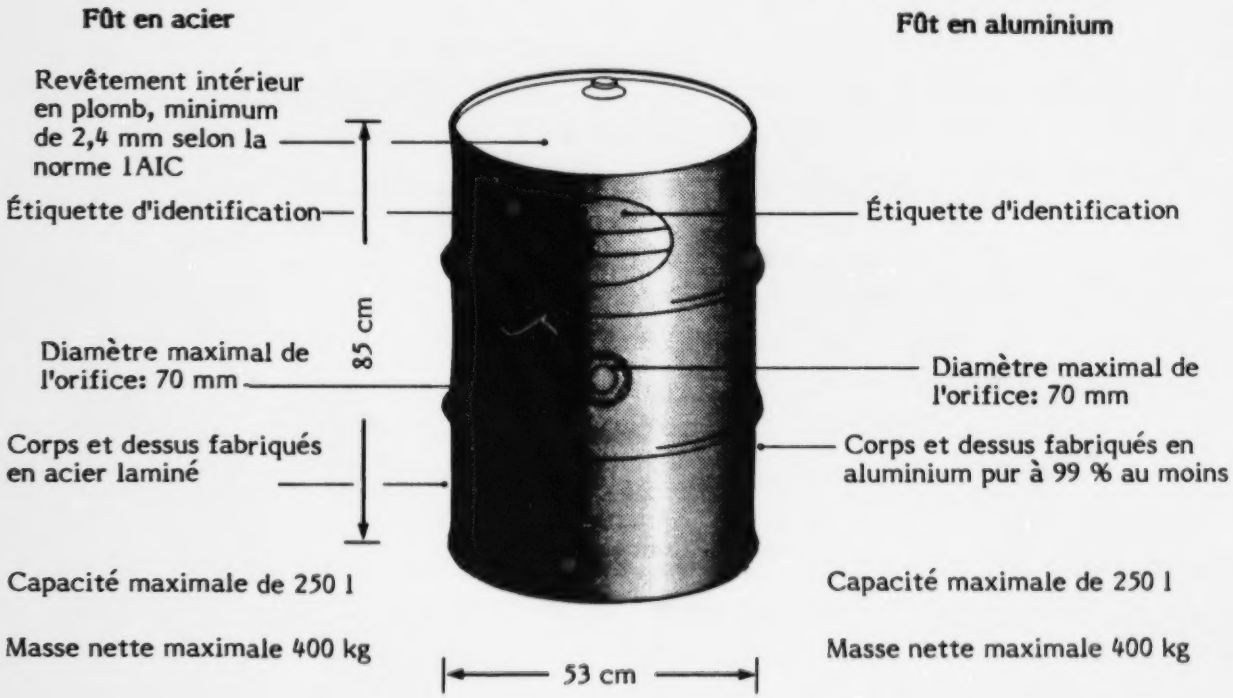
Les wagons-citernes peuvent être déchargés par le haut ou par le bas (MCA, 1971).

Pour décharger le wagon par le haut, procéder comme suit:

- Abaisser la tension de vapeur à l'intérieur de la citerne en refroidissant cette dernière avec de l'eau ou en libérant des vapeurs à intervalles rapprochés;
- Retirer le manchon de protection du raccord de déchargement situé sur le dessus du wagon et raccorder la tubulure de déchargement d'un diamètre de 51 mm (2 po);
- Décharger le wagon-citerne au moyen d'une pompe, ou mettre le wagon sous pression avec de l'azote pour amorcer la pompe et conserver une légère surpression pendant le déchargement (CCPA, 1983).

Figure 8

STYRÈNE — **FÛTS TYPES**



Lorsque le déchargement se fait par le bas, laisser le liquide s'écouler sous l'action de la pesanteur.

- Réduire la pression interne comme il est indiqué ci-dessus;
- Après avoir raccordé la tubulure de déchargement à l'orifice d'un diamètre de 152 mm (6 po) situé sur la paroi inférieure de la citerne, ouvrir le robinet intérieur du bas en tournant la tige de commande située sur le dessus du wagon-citerne;
- Laisser la citerne se vider sous l'action de la pesanteur;
- Le wagon-citerne doit être ventilé pendant le déchargement pour empêcher la création d'un vide, même s'il est doté d'un reniflard (CCPA, 1983).

4.2.2 Matériaux de fabrication des organes de déchargement et spécifications. - Les matériaux de fabrication des divers éléments des organes de déchargement, de même que les spécifications relatives à ces organes, sont ceux qui prévalent généralement pour l'équipement de déchargement. Dans certains cas, d'autres matériaux peuvent être utilisés comme il est indiqué au tableau 5. Les éléments d'un système de déchargement type comprennent les conduites et les raccords, les tuyaux flexibles, les soupapes, les garnitures et les pompes.

Les matériaux de fabrication les plus utilisés pour les conduites sont le fer et l'acier galvanisé (CCPA, 1983). Pour le monomère de styrène, il est recommandé d'employer des conduites sans soudure, en acier au carbone ASTM A106 nº 40 et des raccords garnis de résine de chlorure de polyvinylidène (Saran) (Dow PPS, 1972). Il faut utiliser des joints à brides soudées, de préférence aux conduites et aux raccords filetés qui ont tendance à fuir après un service de courte durée. La réduction de la contrainte au point de soudure permettra une plus longue durée de service. Les conduites doivent faire l'objet d'un essai à l'air comprimé à des pressions allant de 345 à 518 kPa (50 à 75 psi) et toutes les fuites seront soigneusement colmatées. S'il y a une fuite en cours de service, l'unique réparation efficace consiste soit à enlever la soudure au burin et à refaire une nouvelle soudure, soit à remplacer la section de conduite brisée.

La conduite de déchargement doit avoir un diamètre de 51 mm (2 po), puisque c'est la taille standard des raccords sur les wagons-citernes, mais le diamètre des autres conduites a peu d'importance, bien qu'on ne recommande pas les diamètres inférieurs à 25 mm (1 po). Toutes les conduites extérieures doivent être auto-vidangeables.

On peut utiliser des bras de déchargement articulés en aluminium à garniture de viton, de même que des conduites flexibles en élastomère viton ou en fils métalliques bobinés (CCPA, 1983). Des joints de dilation flexibles du type à soufflet peuvent être utilisés pour les sections flexibles de la tubulure de déchargement. Ils sont fabriqués en brides de fer ductile ASA et leurs parties expansibles sont en résine de tétrafluoroéthylène (Dow PPS, 1972). Certaines conduites flexibles sont constituées de raccords flexibles standards, avec utilisation de coudes à brides. Les raccords *Bacco chicksen* sont aussi fréquemment utilisés (CCPA, 1983).

Des soupapes à membranes en fonte ou en acier coulé avec revêtement intérieur de chlorure de polyvinylidène conviennent (DPLV, 1972). Des joints en viton peuvent être utilisés dans les plages normales de températures. Les conduites et les raccords de déchargement devraient être vidés pour éviter tout contact du styrène avec les garnitures et les joints d'étanchéité synthétiques.

Il est recommandé d'utiliser des pompes centrifuges à double joint de préférence aux pompes sans joint (CCPA, 1983). Une pompe aspirante centrifuge à entraînement magnétique sans joint, dont l'extrémité d'admission est en acier inoxydable 316 peut également convenir.

Avec ce type de pompe, les fuites sont presque éliminées. Il faut prévoir un moyen de purger la pompe afin que les réparations puissent être faites en tout sécurité. La pompe doit être munie de brides aux deux extrémités; il est préférable d'éviter les raccords filetés qui sont sujets aux fuites.

4.3 Compatibilité entre le styrène et certains matériaux

La compatibilité entre le monomère de styrène et certains matériaux de fabrication est indiquée dans le tableau 5. Le mode d'évaluation utilisé dans le tableau 5 est décrit brièvement ci-après.

Recommandé: Le matériau donnera un rendement satisfaisant pour l'utilisation indiquée.

Avec réserves: Le matériau montrera des signes de détérioration pour l'utilisation indiquée; peut convenir pour utilisation intermittente ou de courte durée.

Déconseillé: L'application indiquée causera une grave détérioration du matériau; son utilisation est donc déconseillé.

Tableau 5

Compatibilité entre le produit et certains matériaux de fabrication

Application	Produit		Matériau de fabrication		
	Titre	Temp. (°C)	Recommandé	Réserves	Déconseillé
1. Conduites et raccords		24	Chlorure de polyvinylidène (DCRG, 1978) Flexible de caoutchouc fluoré (viton) (MCA, 1971) Flexible de viton Acier Acier inoxydable (Dow, 1981)		Cuivre Alliages de cuivre (Brighton, 1979) Tuyau de caoutchouc naturel (MCA, 1971)
2. Pompes	100 %	38	Éther de vinyle renforcé avec joints toriques en caoutchouc fluoré (viton)		
3. Citernes			Acier au carbone Psilomélane Fer galvanisé		Cuivre Alliages de cuivre
4. Autres			Fer, Acier, Alliages de magnésium (Brighton, 1979)		Caoutchouc naturel, Caoutchouc de styrène-butadiène, Polychloroprène, Caoutchouc acrylonitrile-butadiène, Caoutchouc isobutylène-isoprène, CSM, EPDM (GPP)
	100 %	24-100	Verre (CDS, 1967)		

Tableau 6

Abréviations de noms de matériaux de fabrication

CSM	Polyéthylène chlorosulfoné
EPDM	Terpolymère d'éthylène-propylène-diène

5 FUITE ET MIGRATION DU PRODUIT

5.1 Aperçu général

Le styrène est un liquide modérément volatil qui est généralement transporté par wagon-citerne. Déversé par accident, il forme une nappe liquide qui s'étale à la surface de l'eau et du sol dans lequel il est retenu par adsorption, tandis que des vapeurs inflammables irritantes s'évaporent dans l'atmosphère de façon continue.

Sur l'eau, la nappe a tendance à s'étaler. Comme le produit est très peu soluble dans l'eau et moins dense que celle-ci, seule une très petite quantité se dissout, le reste s'évaporant dans l'atmosphère.

Sur le sol, le styrène est adsorbé à une vitesse qui varie selon le type de sol et la teneur en eau de ce dernier. La migration du produit jusqu'à la nappe phréatique peut causer une pollution sérieuse.

Voici les facteurs à prendre en considération lorsqu'il y a migration de styrène dans l'air, l'eau ou le sol.

Migration du polluant	Fuite hors d'une citerne	Débit de fuite Pourcentage de liquide restant
	Air	Débit d'émission de vapeurs Zone dangereuse
	Eau	Étalement
	Sol	Hauteur et temps de migration

À cause du caractère approximatif des calculs dans le domaine de la migration des polluants, la méthode adoptée consiste à utiliser des estimations de paramètres critiques dans le but d'établir des prévisions qui reflètent le plus fidèlement possible les pires scénarios. En suivant cette méthode, il se peut que l'on doive poser des hypothèses différentes pour chaque milieu et, dans une certaine mesure, contradictoires. Cette méthode permet donc de comparer le comportement de différents produits chimiques dans les pires scénarios à partir d'hypothèses compatibles avec chaque milieu.

5.2 Fuite du produit

5.2.1 Introduction. - Le styrène est ordinairement transporté par wagon-citerne, à la pression atmosphérique. Les modèles de wagons-citernes varient beaucoup, de sorte que nous avons dû en choisir un en particulier pour établir les nomogrammes de fuite et comparer les comportements des différents produits chimiques. Le modèle choisi a un diamètre de 2,75 m, une longueur de 13,4 m et il peut contenir 80 000 l.

S'il y a perforation dans le bas de la citerne remplie de styrène, tout le liquide s'écoulera sous l'action de la pesanteur. Grâce aux nomogrammes, on pourra calculer la quantité de liquide restant encore dans la citerne ainsi que le débit de fuite du liquide, à mesure que le temps s'écoulera. Comme les citernes ne sont pas sous pression et comme le styrène est modérément volatil, aucun nomogramme n'a été élaboré sur la fuite éventuelle de vapeurs par un orifice qui serait situé sur le dessus de la citerne.

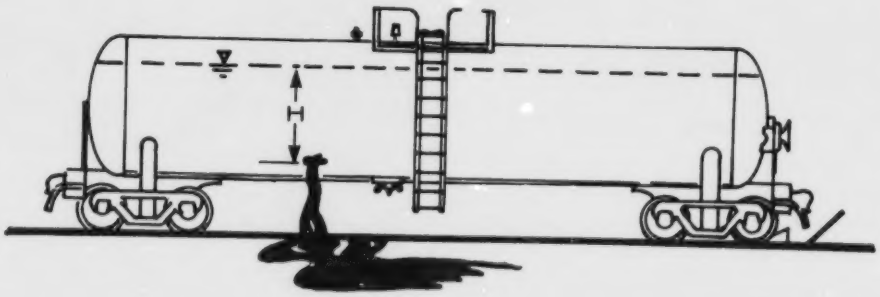


Figure 9 PERFORATION AU-DESSOUS DU NIVEAU DU LIQUIDE

5.2.2 Nomogrammes des fuites

5.2.2.1 Pourcentage de liquide restant en fonction du temps. - La figure 10 permet d'évaluer le pourcentage de liquide restant dans un wagon-citerne en fonction du temps écoulé depuis le moment du bris et en fonction d'un certain nombre de diamètres de l'orifice. Ces diamètres sont équivalents à des orifices de toutes formes.

On suppose que le wagon-citerne type a 2,75 mètres de diamètre et 13,4 mètres de longueur, qu'il contient 80 000 l de styrène et qu'il est plein au moment du bris. Le volume de liquide restant, après un temps écoulé donné *t*, n'est pas seulement fonction du débit mais aussi de la taille et de la forme du wagon-citerne.

5.2.2.2 Débit de fuite en fonction du temps écoulé. - La figure 11 permet d'évaluer à tout instant le débit de fuite après un temps écoulé donné *t*, en fonction de diamètres équivalents donnés. Le nomogramme ne vaut que pour un wagon-citerne dont le contenu initial est de 80 000 litres.

5.2.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Il y a eu bris d'un wagon-citerne type (diamètre de 2,75 m et longueur de 13,4 m) rempli de styrène. L'orifice est situé dans le bas de la citerne. Son diamètre équivalent est de 150 mm.

Figure 10

STYRÈNE

POURCENTAGE DE LIQUIDE RESTANT
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ

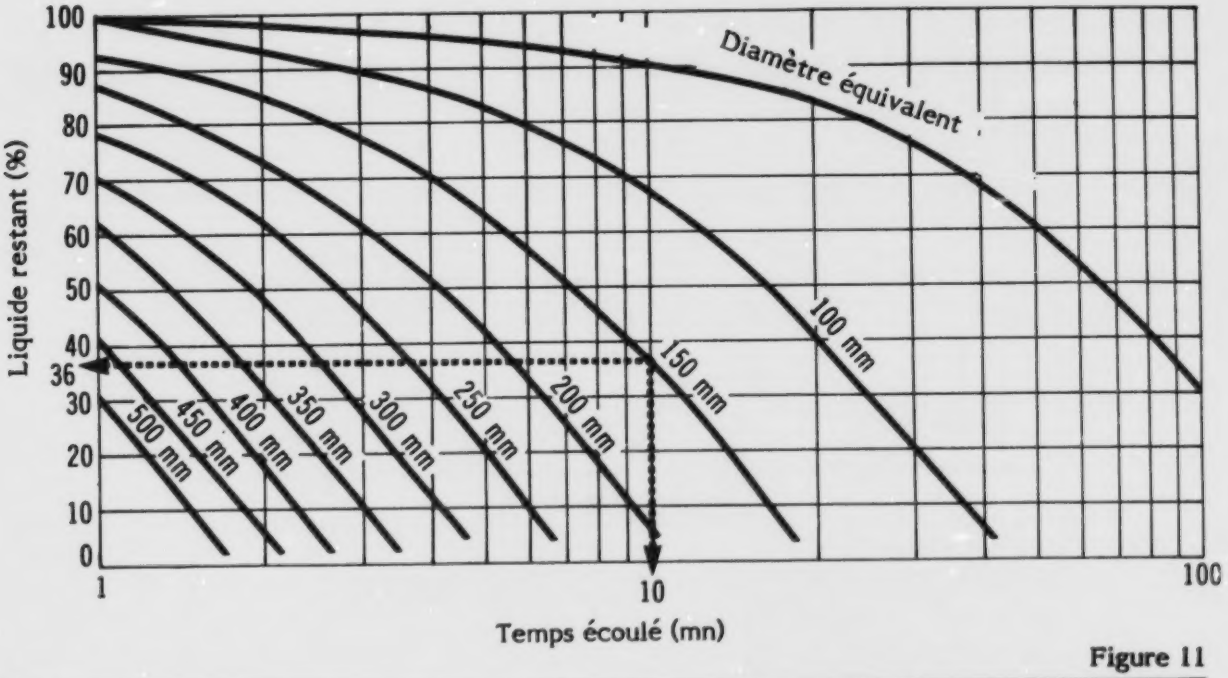
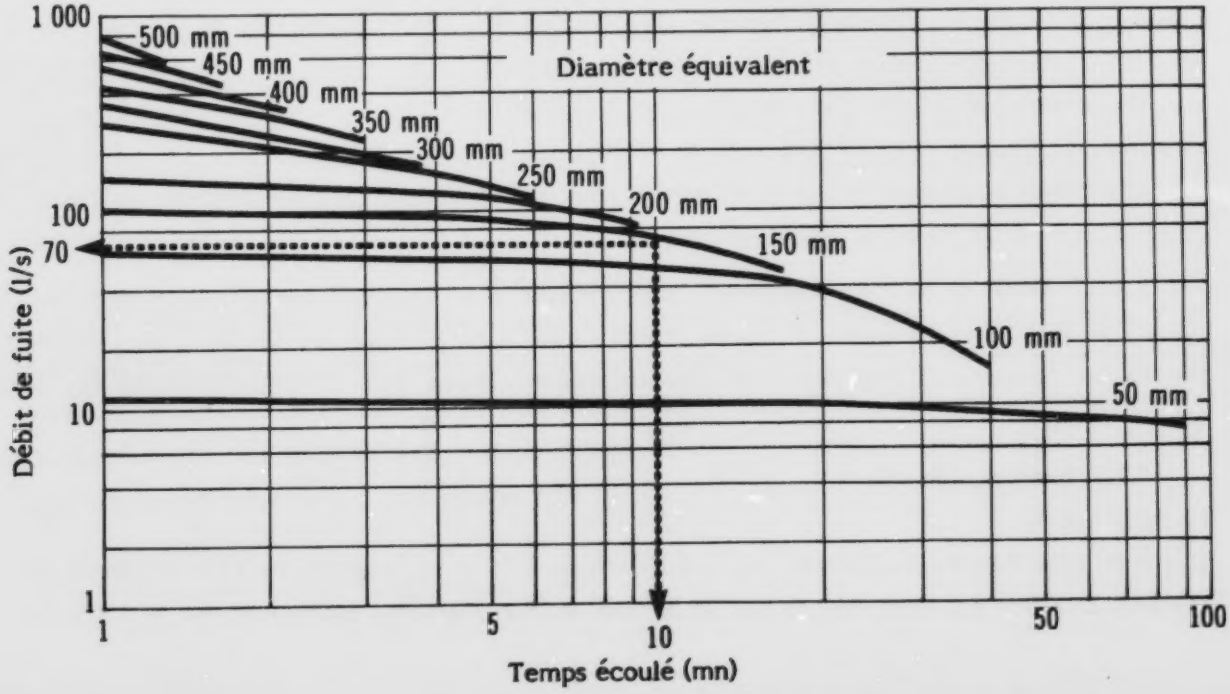


Figure 11

STYRÈNE

DÉBIT DE FUITE
EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Quel pourcentage du volume initial de 80 000 l représente le volume de liquide restant après 10 minutes? Solution (voir fig. 10): si t = 10 mn et D = 150 mm, le volume de liquide restant représente 36 p. 100 (28 800 l) du volume initial.

PROBLÈME B

Les données du problème B étant les mêmes que celles du problème A, quel est le débit instantané après 10 minutes d'écoulement? Solution (voir fig. 11): si t = 10 mn et D = 150 mm, le débit instantané q = 70 l/s.

5.3 Diffusion dans l'atmosphère

5.3.1 Introduction. - Comme le styrène est modérement volatil, un dégagement de vapeurs dans l'atmosphère à partir d'un orifice dans la paroi d'une citerne ne présente aucun danger notable du côté sous le vent. Il ne sera question que des vapeurs se dégageant d'une nappe de styrène étalée sur l'eau ou répandue sur le sol.

Pour évaluer les teneurs en vapeurs du côté sous le vent par rapport au lieu de l'accident et délimiter la zone dangereuse sur les plans de l'inflammabilité ou de la toxicité, il faut modéliser le transport et la diffusion (turbulente) dans l'atmosphère des vapeurs. Les modèles utilisés supposent une répartition gaussienne des teneurs au sein du panache; ce sont les plus répandus pour la prévision des teneurs en polluants. (Le lecteur trouvera de plus amples renseignements à ce sujet dans le Manuel d'introduction Enviroguide.)

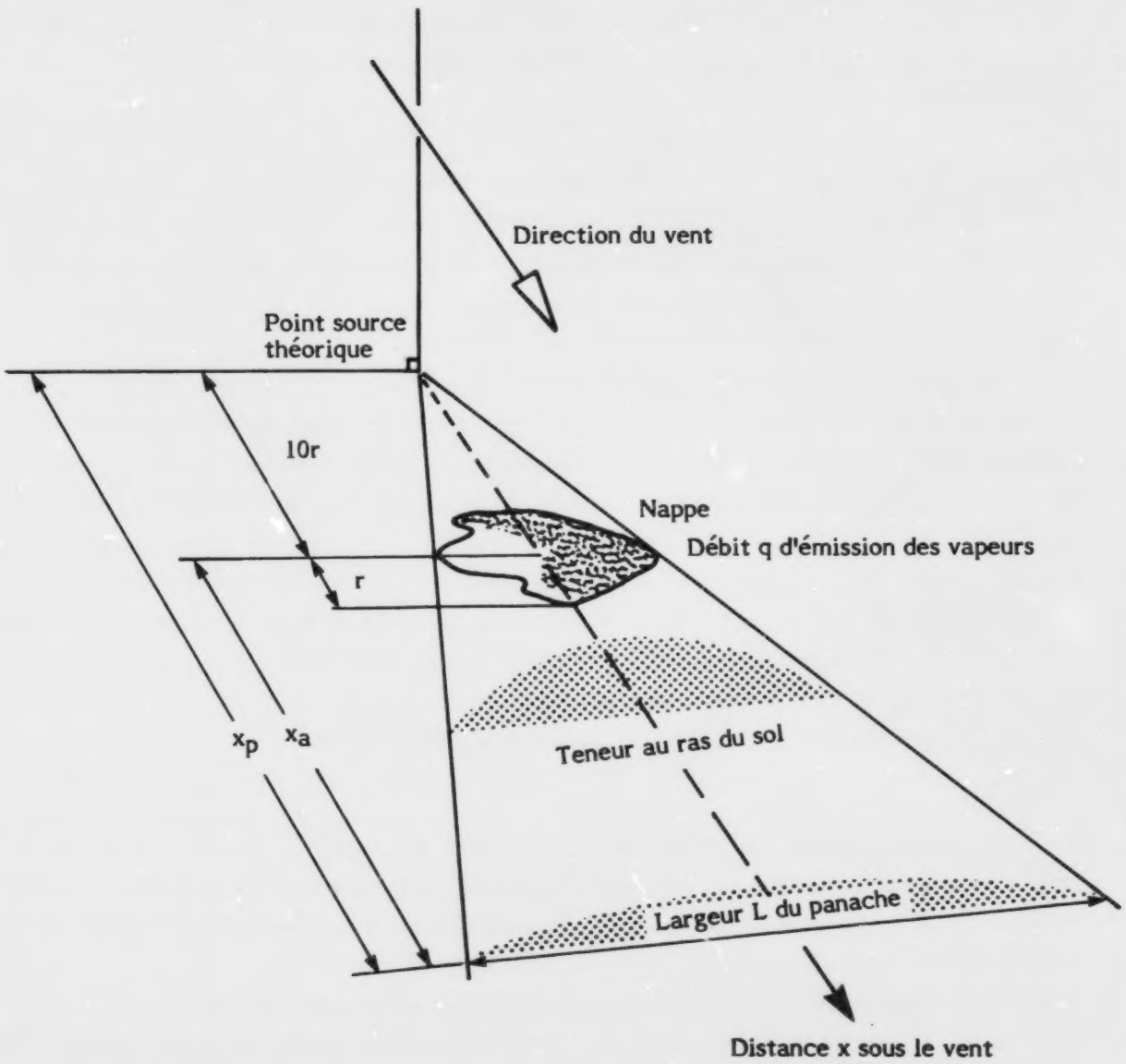
La figure 12 schématise la diffusion d'un panache polluant émis en continu par une aire source. Le modèle de diffusion assimile l'aire source, soit la nappe de liquide, à un point source théorique situé du côté a vent à une distance de dix fois le rayon équivalent de la nappe. Le modèle suppose que le point source a le même débit q d'émission de vapeurs que l'aire source.

5.3.2 Nomogrammes de la diffusion du panache de vapeurs. - Les nomogrammes de la diffusion atmosphérique du panache servent à déterminer la zone dangereuse sur les plans de la toxicité et de l'inflammabilité. Les nomogrammes, figures et tableaux indiqués ci-dessous sont présentés dans l'ordre dans lequel ils doivent être utilisés.

Figure 14	Débit d'émission des vapeurs se dégageant d'une nappe liquide, calculé en fonction du rayon maximal de la nappe pour diverses températures
Tableau 7	Catégories météorologiques (de stabilité)
Figure 15	Teneur uniformisée en vapeurs, calculée en fonction d'une distance donnée sous le vent pour différentes catégories météorologiques
Tableau 8	Demi-largeur maximale du panache dangereux
Figure 18	Distance parcourue par le panache, calculée en fonction du temps écoulé depuis le déversement pour différentes vitesses de vent

Figure 12

STYRÈNE — **FORMATION D'UN PANACHE DE VAPEURS**



La figure 13 indique les étapes à suivre dans le calcul de la diffusion des vapeurs et dans le choix des nomogrammes et des tableaux à utiliser. En fait, ce sont les étapes encadrées par un pointillé qui servent dans la présente section. (Les données relatives au volume total de liquide déversé et au rayon équivalent de la nappe figurent aux sections 5.2 et 5.4 respectivement.) Le lecteur trouvera dans les paragraphes qui suivent l'information relative à chacun des nomogrammes de la diffusion et à son utilisation.

5.3.2.1 Débit d'émission des vapeurs en fonction du rayon de la nappe. - Le Manuel d'introduction Enviroguide fournit des équations permettant de calculer le taux d'évaporation taux d'évaporation propre au styrène. À une température de 20 °C et sous un vent de 4,5 m/s (16,1 km/h), ce taux est de 0,13 g/m^2 . s. D'autres taux ont été calculés à l'aide d'une équation qui, pour un vent donné, tient compte de la température ambiante et de la pression de vapeur du styrène (Chem. Eng., 1975) à cette température. Ainsi, pour un vent de 4,5 m/s, le taux d'évaporation est de 0,033 g/m^2 . s à 0 °C, alors qu'il est de 0,26 g/m^2 . s à 30 °C.

À l'aide de la figure 21, on peut calculer le rayon maximal de la nappe selon le volume de styrène déversé. Le rayon et le taux d'évaporation ainsi calculés permettent d'établir sur la figure 14 le nomogramme sur la relation entre le rayon de la nappe et le débit d'émission de vapeurs à différentes températures.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

Pour une nappe de rayon connu, le débit q d'émission de vapeurs dans l'atmosphère à une température donnée, peut être évalué à l'aide de la figure 14. Les segments continus des droites représentent des masses de liquide déversé allant de 0,1 à 72,5 tonnes correspondant à peu près au volume type de 80 000 l contenu dans un wagon-citerne. Le lecteur notera que la figure 14 vaut pour une vitesse du vent de 4,5 m/s (16,1 km/h); elle ne permet donc qu'une évaluation approximative du débit d'émission pour toute autre vitesse du vent. Le Manuel d'introduction Enviroguide fournit l'équation qui permet d'établir le taux d'évaporation pour une vitesse de vent donnée à partir du taux pour une vitesse de 4,5 m/s.

Le calcul du taux d'évaporation est basé sur le rayon d'une nappe à la surface d'un plan d'eau (étendue d'eau calme) (tableau T1, CHRIS, 1974). Comme un plan d'eau présente une surface plane, non bornée, ce qui n'est le cas sur terre (sol poreux et irrégulier), on obtient un rayon maximal, donc des valeurs maximales. Si l'algorithme propre à un plan d'eau est appliqué à un déversement sur terre, le rayon sera plus grand qu'en réalité et les valeurs obtenues seront celles qui s'appliquent à des cas extrêmes.

5.3.2.2 Teneur en vapeurs en fonction de la distance sous le vent. - La figure 15 illustre la relation qui existe entre la teneur en polluant, sous forme de vapeurs, et la distance sous le vent pour les catégories météorologiques D et F (de stabilité). Le nomogramme a été établi à

Figure 13

STYRÈNE — ÉTAPES À SUIVRE POUR DÉTERMINER LA ZONE DANGEREUSE

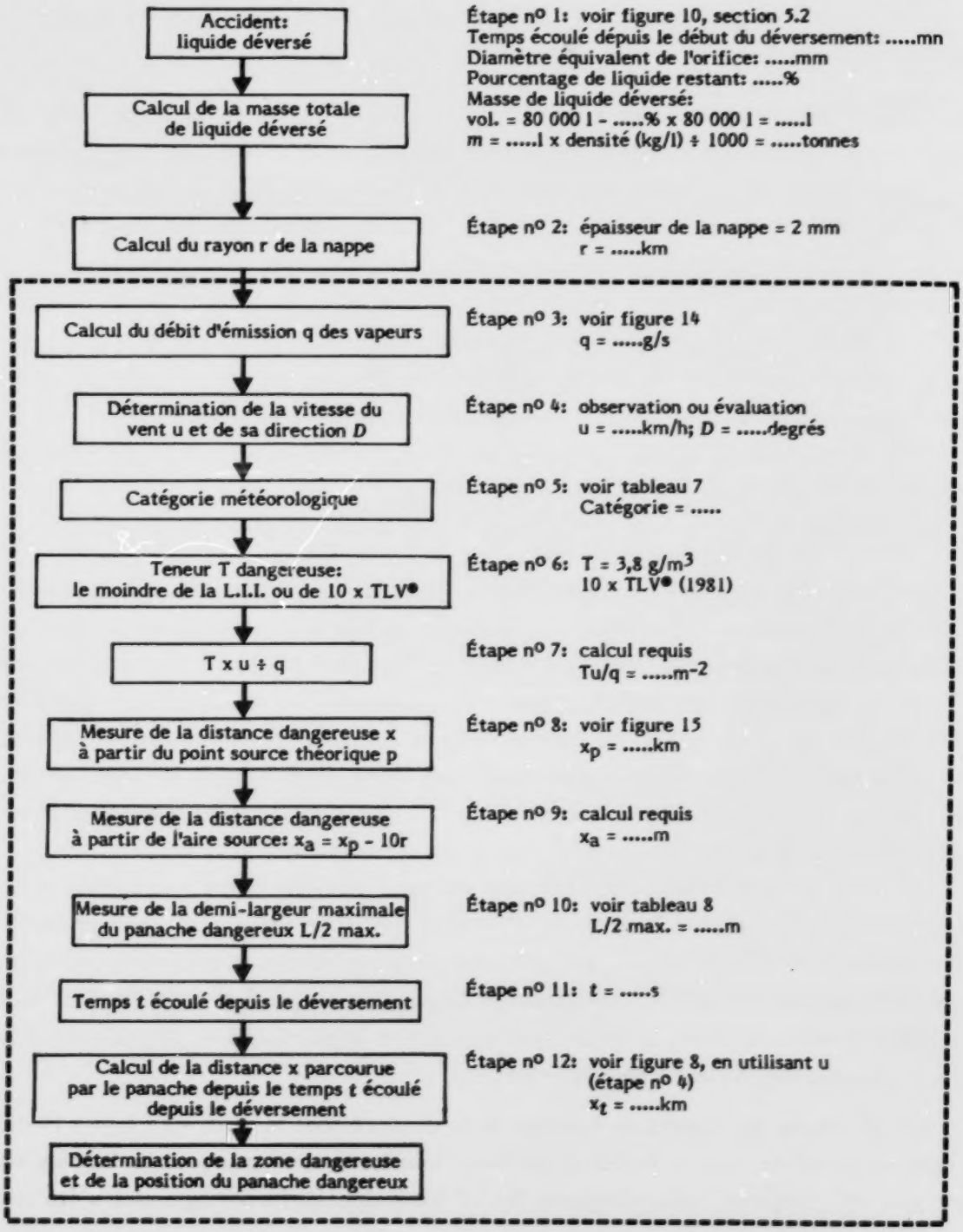
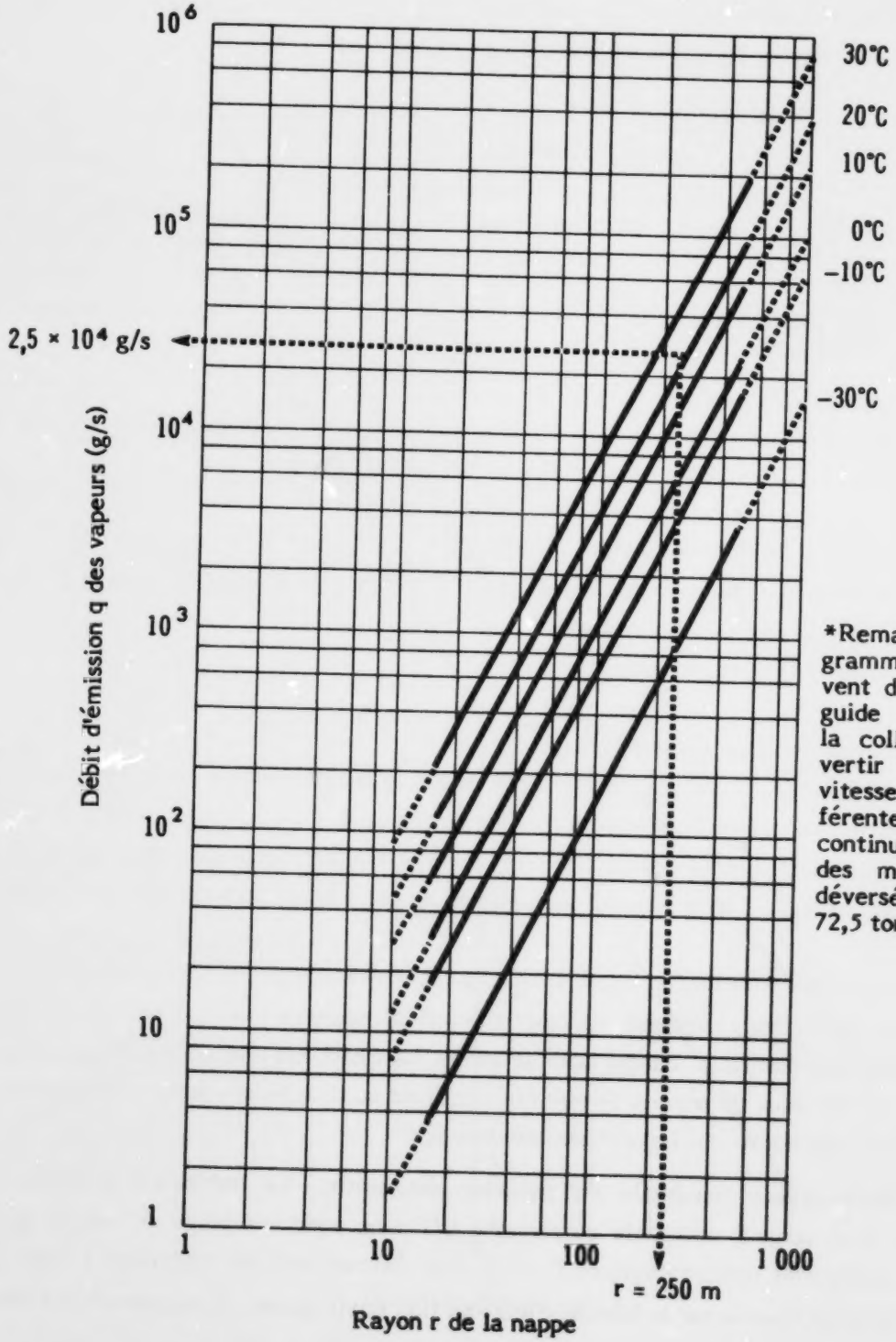


Figure 14

STYRÈNE

DÉBIT D'ÉMISSION DES VAPEURS EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE



*Remarque. - Le nomogramme vaut pour un vent de 4,5 m/s. Voir le guide d'introduction de la collection pour convertir les valeurs si la vitesse du vent est différente. Les segments continus représentent des masses de liquide déversé de 0,1 à 72,5 tonnes.

l'aide des modèles de diffusion décrits dans le Manuel d'introduction Enviroguide. La teneur en vapeurs est représentée par la teneur uniformisée Tu/q au niveau du sol le long de la médiane du panache schématisé. La catégorie F est la moins propice à la diffusion du panache; la catégorie D est la plus fréquente presque partout au Canada. Il faut déterminer la catégorie appropriée (tableau 7) avant d'utiliser la figure 15.

Tableau 7

Deux catégories météorologiques (de stabilité)

Catégorie F	Catégorie D
Vitesse du vent < 11 km/h (≃ 3 m/s) et l'une des conditions suivantes: ciel couvert durant le jour; nuit; forte inversion de température.	S'applique à presque toutes les autres conditions.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La distance maximale dangereuse du côté sous le vent x peut être déterminée à l'aide de la figure 15, si l'on possède les données suivantes:

Débit d'émission q des vapeurs, en g/s;

Vitesse du vent u (m/s);

Catégorie météorologique (de stabilité);

Teneur dangereuse limite T qui correspond à la valeur la moindre entre 10 fois la TLV® (en g/m^3) et la limite inférieure d'inflammabilité (en g/m^3), sauf s'il s'agit de vapeurs ininflammables, auquel cas il faut opter pour 10 x TLV®. À noter que pour convertir en g/m^3 la TLV® exprimée en ppm et la L.I.I. exprimée en pourcentage de vol./vol., il faut utiliser les figures 16 et 17.

Une teneur dangereuse limite, égale à 10 x TLV®, a été choisie de façon arbitraire; elle représente une limite "relativement réaliste" au-delà de laquelle une exposition de courte durée (30 minutes) présente un danger pour la santé. La TLV® est une norme d'exposition de longue durée sur les lieux de travail. Si elle était utilisée comme teneur limite dangereuse, la zone dangereuse atteindrait des proportions démesurées.

5.3.2.3 Demi-largeur maximale du panache dangereux. - Le tableau 8 présente des valeurs de la demi-largeur maximale du panache L/2 max. pour une plage de valeurs q/u en fonction des catégories météorologiques D et F. Ces valeurs ont été calculées à l'aide des modèles de diffusion fournis par le Manuel d'introduction Enviroguide , en supposant une teneur

Figure 15

STYRÈNE

TENEUR UNIFORMISÉE EN VAPEURS
EN FONCTION DE LA DISTANCE SOUS LE VENT

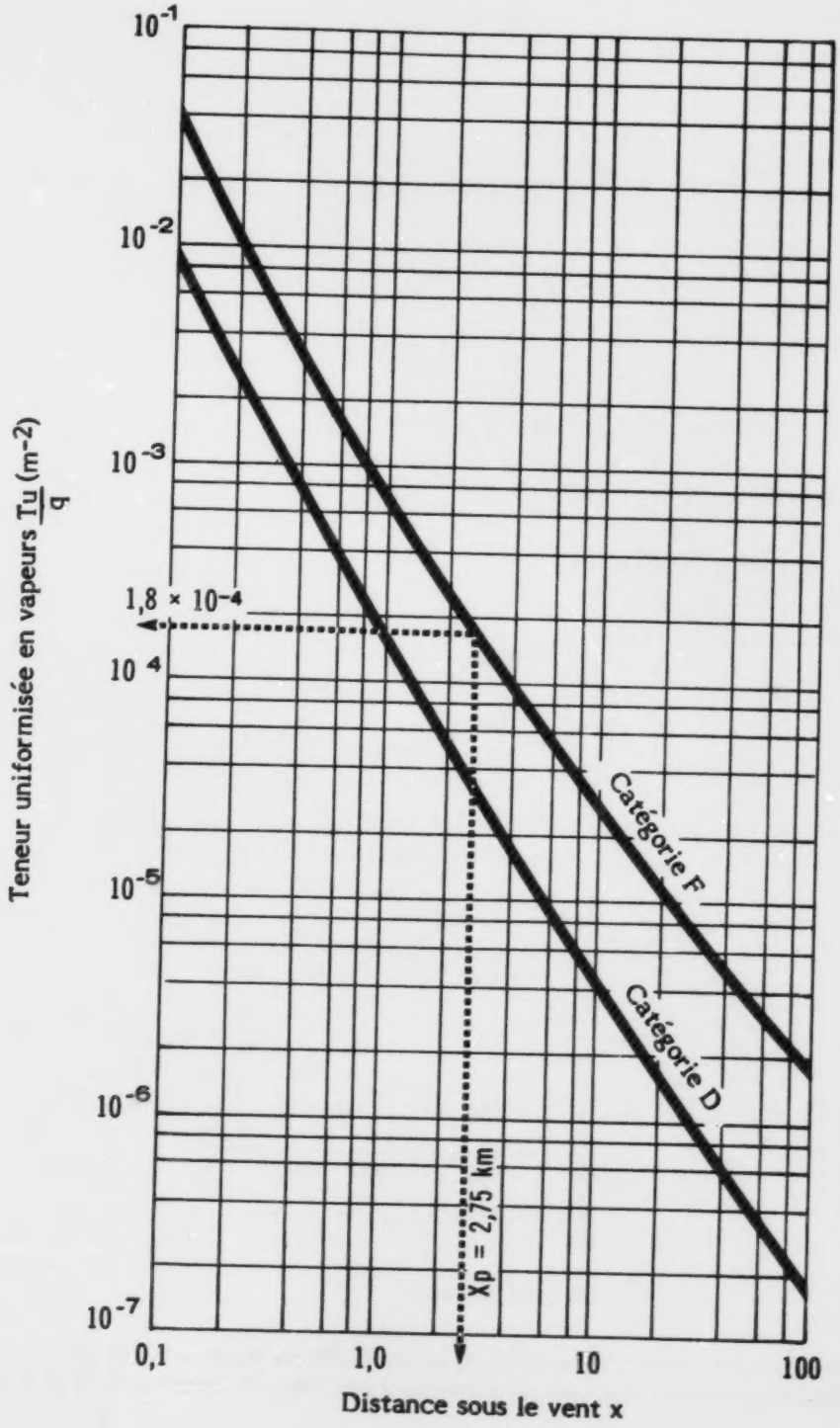
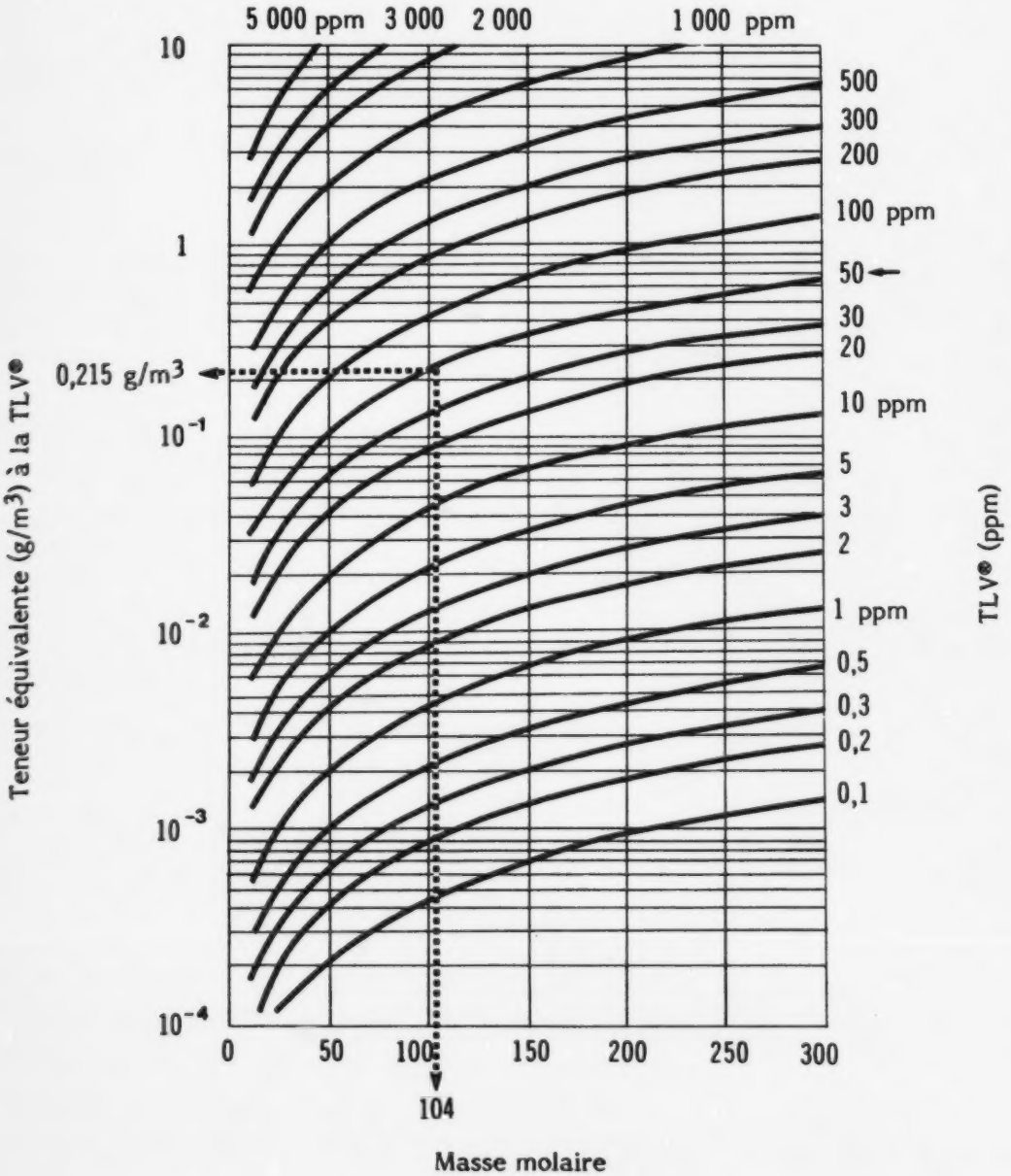


Figure 16

STYRÈNE

CONVERSION DES UNITÉS DE LA TLV® (ppm EN g/m³)

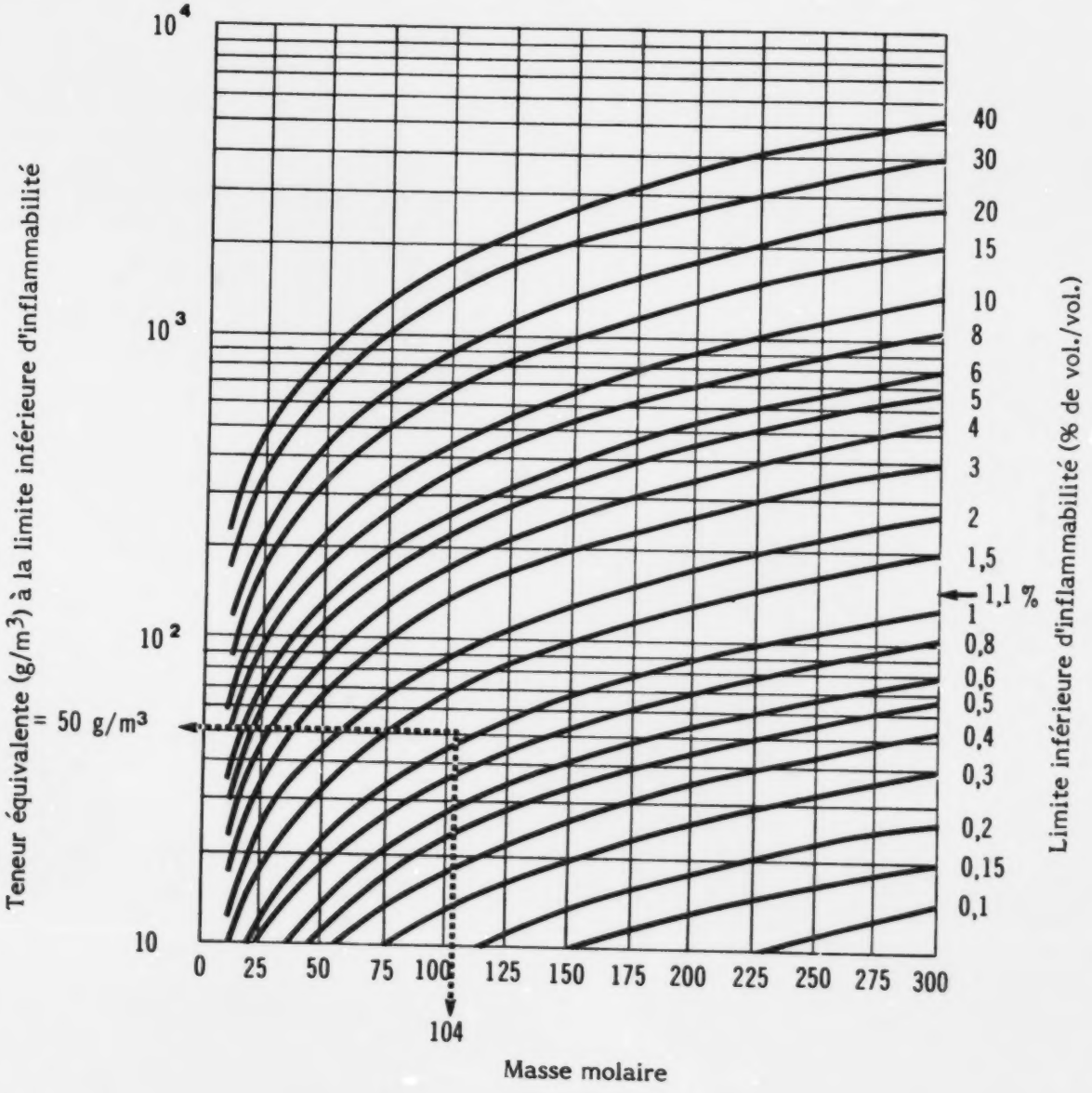


Styrène. - Masse molaire = 104; TLV® = 50 ppm; alors TLV® en g/m³ = 0,215 g/m³.
Note. - Ces données valent pour une température de 25 °C et une pression de 101,3 kPa.

Figure 17

STYRÈNE

CONVERSION EN g/m³ DU % VOLUMIQUE DE LA LIMITE INFÉRIEURE D'INFLAMMABILITÉ



Styrène. - Masse molaire = 104; L.I.I. = 1,1 p. 100; alors, L.I.I. en g/m³ = 50 g/m³.
Note. - Ces données valent pour une température de 25 °C et une pression de 101,3 kPa.

dangereuse limite (ce qu'on appelle communément une teneur maximale admissible) égale à 10 fois la TLV® attribuée au styrène (soit 10 x 0,215 g/m^3 = 2,15 g/m^3). La demi-largeur maximale du panache dangereux représente la demi-largeur du nuage de vapeurs du styrène, situé du côté sous le vent et atteignant une teneur égale à 10 x TLV®. Le tableau 8 ne s'applique donc que dans le cas de cette teneur limite de 2,15 g/m^3. Les données ne s'appliquent également que pour une distance maximale de 100 km.

Pour la catégorie météorologique D, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 20 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission q utilisé, qui va de 30 000 à 15 000 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 25 et 7500 tonnes. Si tout le contenu, soit 80 000 l (17 600 gal imp.) d'un wagon-citerne était déversé, cela représenterait

Tableau 8
Demi-largeur maximale du panache dangereux de vapeurs de styrène à 20 °C

Catégorie météorologique D			Catégorie météorologique F		
q/u (g/m)	L/2 max. (m)		q/u (g/m)	L/2 max. (m)	
15 000 000	3420	x = 99,5 km*	1 250 000	1400	x = 97,4 km*
12 500 000	3060		1 000 000	1180	
10 000 000	2660		750 000	955	
7 500 000	2230		500 000	705	
5 000 000	1730		250 000	420	
2 500 000	1130		200 000	355	
2 000 000	980		150 000	295	
1 500 000	820		100 000	230	
750 000	545		50 000	145	
500 000	430		25 000	95	
250 000	285	q/u = 11 900* →	10 000	55	→ L/2 max. = 60 m
200 000	250		7 500	45	
150 000	210		5 000	35	
100 000	165		2 500	25	
75 000	140		1 000	15	
50 000	110				
25 000	75				
10 000	45				
5 000	30				
2 500	20				
1 000	15				

* Les données valent pour une distance maximale sous le vent de 100 km.

Exemple. - Pour un débit d'émission q = 2,5 x 10^4, une vitesse du vent u = 2,1 m/s et des conditions météorologiques de catégorie F, q/u = 11 900 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale du panache dangereux L/2 max. de 60 m.
Note. - Les données ci-dessus ne valent que pour une teneur de 2,5 g/m^3.

une masse de 72 500 kg, soit environ 73 tonnes. Le tableau 8, pour la catégorie D, fournit des valeurs calculées en fonction de masses jusqu'à 100 fois plus considérables.

Pour la catégorie météorologique F, la plage de vitesses du vent s'étend de 1 à 3 m/s. Quant à l'éventail de débits d'émission q utilisé, qui va de 3000 à 1 225 000 g/s, il correspond à un éventail de masses déversées comprises entre 2 et 1000 tonnes. Le tableau 8, pour la catégorie F, fournit des valeurs calculées en fonction de masses jusqu'à 13 fois supérieures au contenu d'un wagon-citerne standard.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

À partir de valeurs connues de q et u et en fonction d'une catégorie météorologique donnée, calculez q/u. Choisissez la valeur q/u la plus proche fournie dans le tableau et la demi-largeur maximale correspondante en mètres. Si vous désirez un résultat un peu plus précis, déterminer par interpolation les valeurs q/u et L/2 max. (Voir également l'exemple qui accompagne le tableau 8.)

5.3.2.4 Distance parcourue par le panache en fonction du temps écoulé. - La figure 18 indique la distance x parcourue par le panache après un temps *t* de déplacement, pour une vitesse de vent u donnée. Il s'agit de la représentation graphique de la relation $x_t = ut$ appliquée à un éventail de vitesses de vent courantes.

UTILISATION DU NOMOGRAMME

La vitesse du vent u et le temps *t* de déplacement du panache étant connus, on peut obtenir la distance x parcourue du côté sous le vent.

5.3.3 Étapes du calcul. - L'exemple donné ci-dessous illustre les étapes à suivre dans le calcul qui permet de déterminer la zone dangereuse du côté sous le vent du lieu où se produit un déversement. L'utilisateur prendra note des limites des méthodes de calcul décrites ici ou dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les estimations fournies ne valent que pour les conditions précisées. Il est souhaitable que l'utilisateur, dans un cas de déversement réel, se serve de données connues ou observables (par exemple en ce qui concerne le rayon de la nappe).

DONNÉES DU PROBLÈME

Au cours de la nuit, vers 2 h, 20 tonnes de styrène ont été déversées sur un sol plat. Il est maintenant 2 h 05. La température est de 20 °C et le vent souffle du nord-ouest à une vitesse de 7,5 km/h. Déterminez la zone de vapeurs dangereuses.

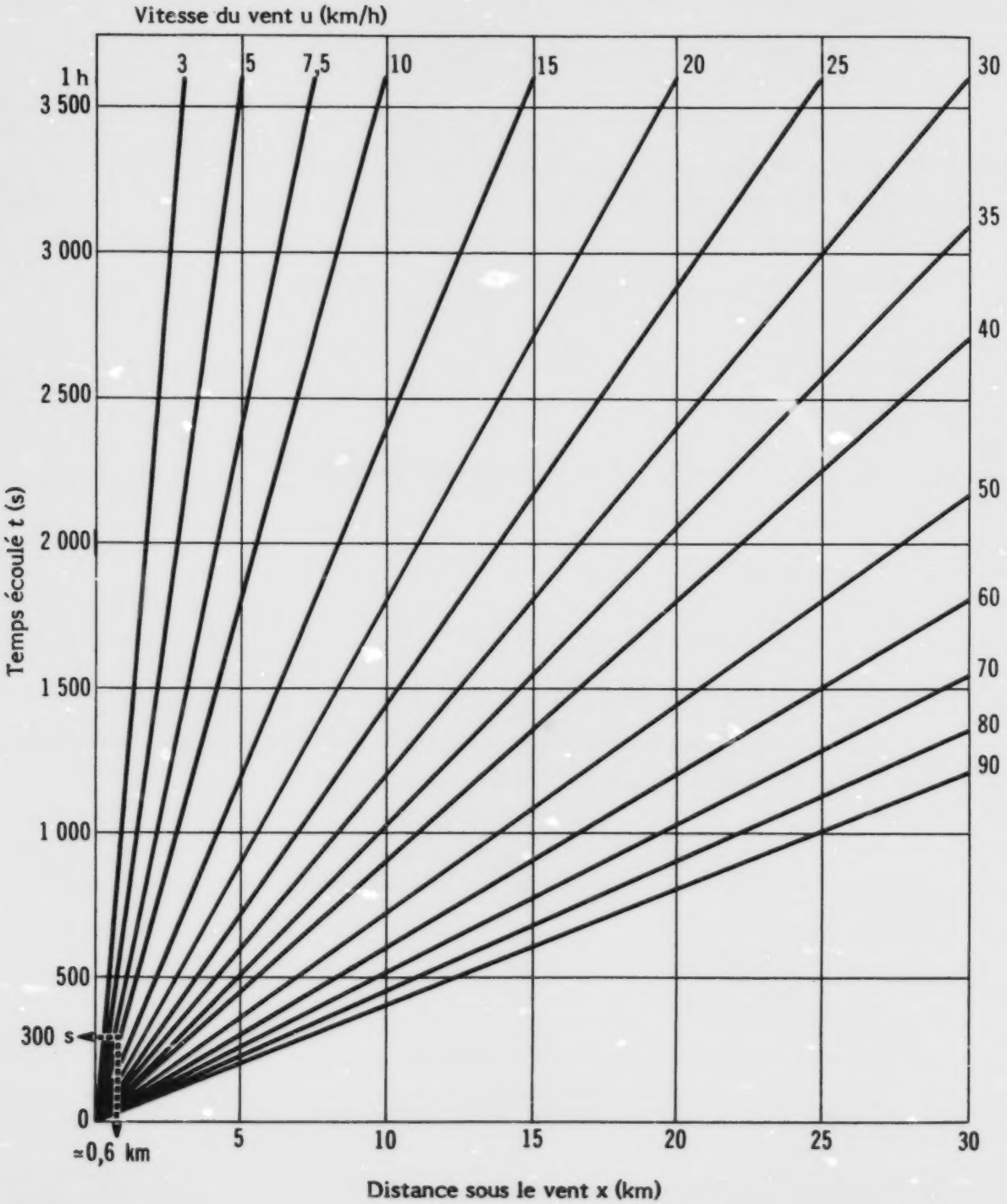
ÉTAPES DU CALCUL

Étape 1 La masse *m* de liquide déversé est de 20 tonnes.

Figure 18

STYRÈNE

DISTANCE PARCOURUE PAR LE PANACHE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ



Étape 2 Calculer le rayon r de la nappe.

Utiliser le rayon mesuré sur place, si cela est possible. Sinon, utiliser le rayon maximal donné à la figure 21. Noter que cette valeur s'applique à une nappe sur l'eau et représente un rayon plus grand que celui d'une nappe sur le sol.

Le rayon r = 250 m ou 0,25 km.

Étape 3 Calculer le débit d'émission q à temp. = 20 °C

Selon la figure 14, r = 250 m et temp. = 20 °C; $q = 2,5 \times 10^4$ g/s.

Étape 4 Déterminer la vitesse du vent u et sa direction *D*.

Utiliser l'information accessible sur les conditions météorologiques, de préférence à partir d'observations faites sur le terrain. Ici:

u = 7,5 km/h; u = 7,5 ÷ 3,6 = 2,1 m/s;

D = N.-O. ou 315° (direction d'où souffle le vent).

Étape 5 Déterminer la catégorie météorologique (de stabilité).

Le tableau 7 permet de déterminer qu'il s'agit de la catégorie F, puisque u < 11 km/h et que le déversement survient au cours de la nuit.

Étape 6 Déterminer la teneur T dangereuse limite.

Opter pour la valeur la moindre entre 10 x TLV® et la limite inférieure d'inflammabilité, soit T = 2,15 g/m^3 (TLV® = 0,215 g/m^3; L.I.I. = 50 g/m^3)

Étape 7 Calculer Tu/q

$$Tu/q = \frac{2,15 \times 2,1}{2,5 \times 10^4} = 1,81 \times 10^4 \cdot m^{-2}$$

Étape 8 Calculer la distance dangereuse x du côté sous le vent à partir du point source p virtuel.

Voir figure 15. Pour une catégorie météorologique F, si $Tu/q = 1,81 \times 10^4 \cdot m^{-2}$, $x_p = 2,75$ km.

Étape 9 Calculer la distance dangereuse x du côté sous le vent à partir de l'aire source a.

Comme $x_p = 2,75$ km et r = 0,25 km

$x_a = x_p - 10r = 2,75$ km - 10(0,25 km) = 0,25 km.

Étape 10 Calculer la demi-largeur maximale du panache dangereux.

Se servir du tableau 8. Comme $q = 2,5 \times 10^4$ g/s et u = 2,1 m/s,

$$q/u = \frac{2,5 \times 10^4}{2,1} = 11\,900 \text{ g/m;}$$

pour la catégorie météorologique F, la valeur de q/u la plus proche se situe entre 10 000 et 25 000 g/m, ce qui donne une demi-largeur maximale de 60 m environ.

Étape 11 Déterminer le temps t écoulé depuis le début du déversement:

t = 5 mn x 60 = 300 s.

Étape 12 Calculer la distance sous le vent x parcourue par le panache depuis le début du déversement.

Se servir de la figure 18. Comme t = 300 s et u = 7,5 km/h,

x_t = 0,6 km (plus précisément:

ut = 2,1 m/s x 300 s = 630 m = 0,63 km).

Étape 13 Schématiser la zone dangereuse.

Former un rectangle dont deux des côtés opposés mesurent deux fois la demi-largeur maximale du panache dangereux (60 m), alors que les deux autres côtés mesurent l'équivalent de la distance maximale dangereuse sous le vent à partir de l'aire source, soit 0,25 km, et sont orientés dans la direction du vent (voir figure 19).

Si le vent ne fluctue que de 20° (315 ± 10°), le schéma de la zone dangereuse correspond à la figure 20.

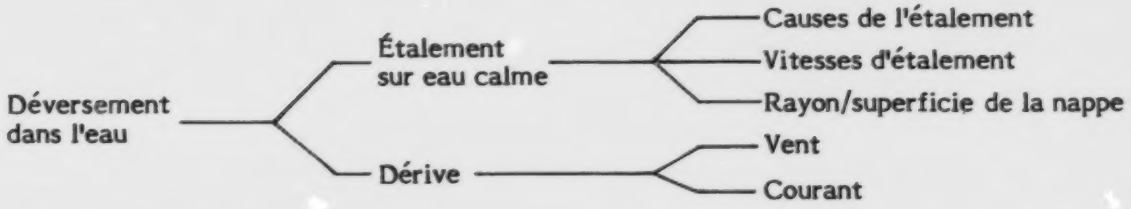
Note.- Au cours des 5 minutes qui se sont écoulées depuis le début du déversement, et sous un vent de 7,5 km/h, le panache franchit 0,63 km, la distance maximale dangereuse sous le vent étant 0,25 km.

5.4 Comportement dans l'eau

5.4.1 Introduction. - La vitesse à laquelle le produit s'étale sur l'eau est basée sur l'équilibre entre les forces ayant tendance à étaler le liquide (pesanteur et tension superficielle) et celles qui ont tendance à résister à l'étalement (inertie et viscosité).

En plus d'avoir tendance à s'étaler, la nappe dérivera dans la même direction et à la même vitesse que l'eau de surface. La direction et la vitesse de l'eau à la surface sont conditionnées par la force du courant et celle du vent.

Voici les facteurs dont il a été tenu compte pour établir les nomogrammes:



5.4.2 Nomogrammes. - Les nomogrammes suivants simplifient les calculs.

Figure 21 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, nappe non confinée) pour diverses masses de liquide déversé; rayon maximal du déversement indiqué

Figure 19

STYRÈNE

ZONE DANGEREUSE EN CAS DE VENT INVARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME

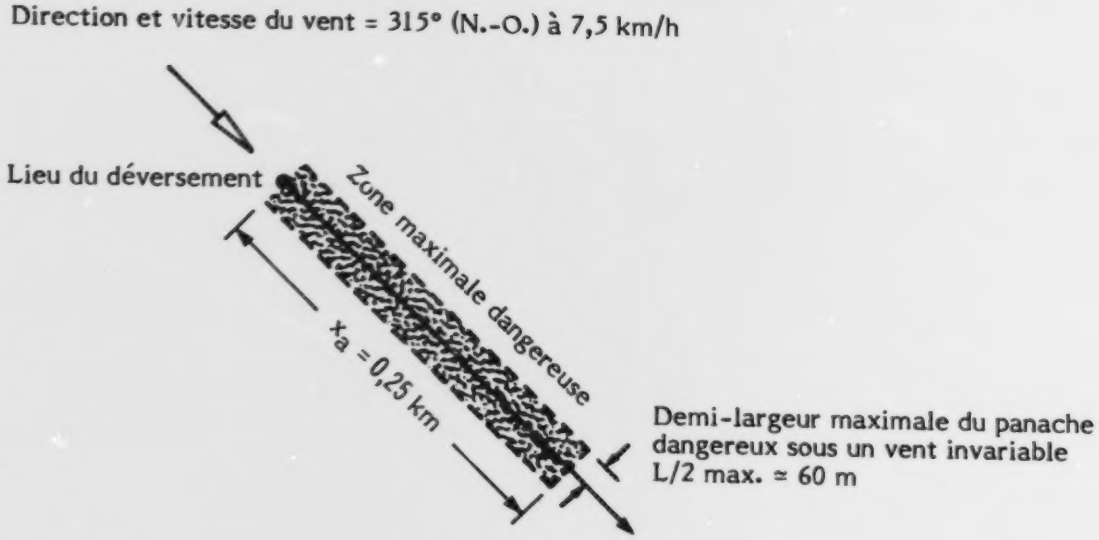


Figure 20

STYRÈNE

ZONE DANGEREUSE EN CAS DE VENT VARIABLE
EXEMPLE DE PROBLÈME

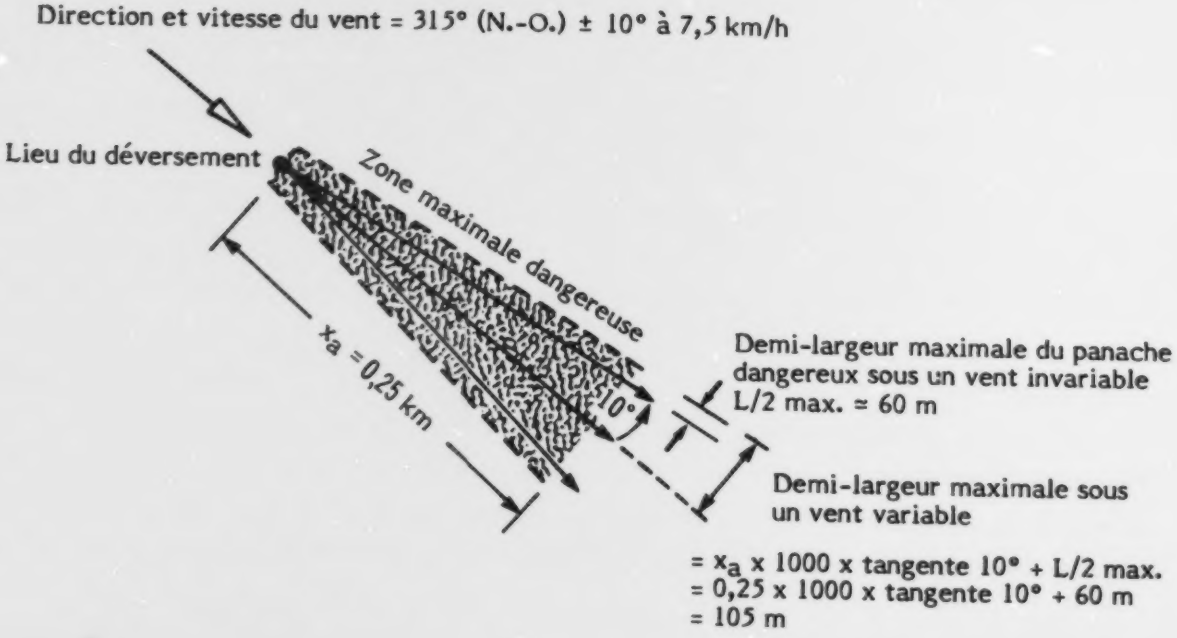


Figure 21

STYRÈNE

RAYON DE LA NAPPE EN FONCTION DU TEMPS (EAU CALME, NAPPE NON CONFINÉE)

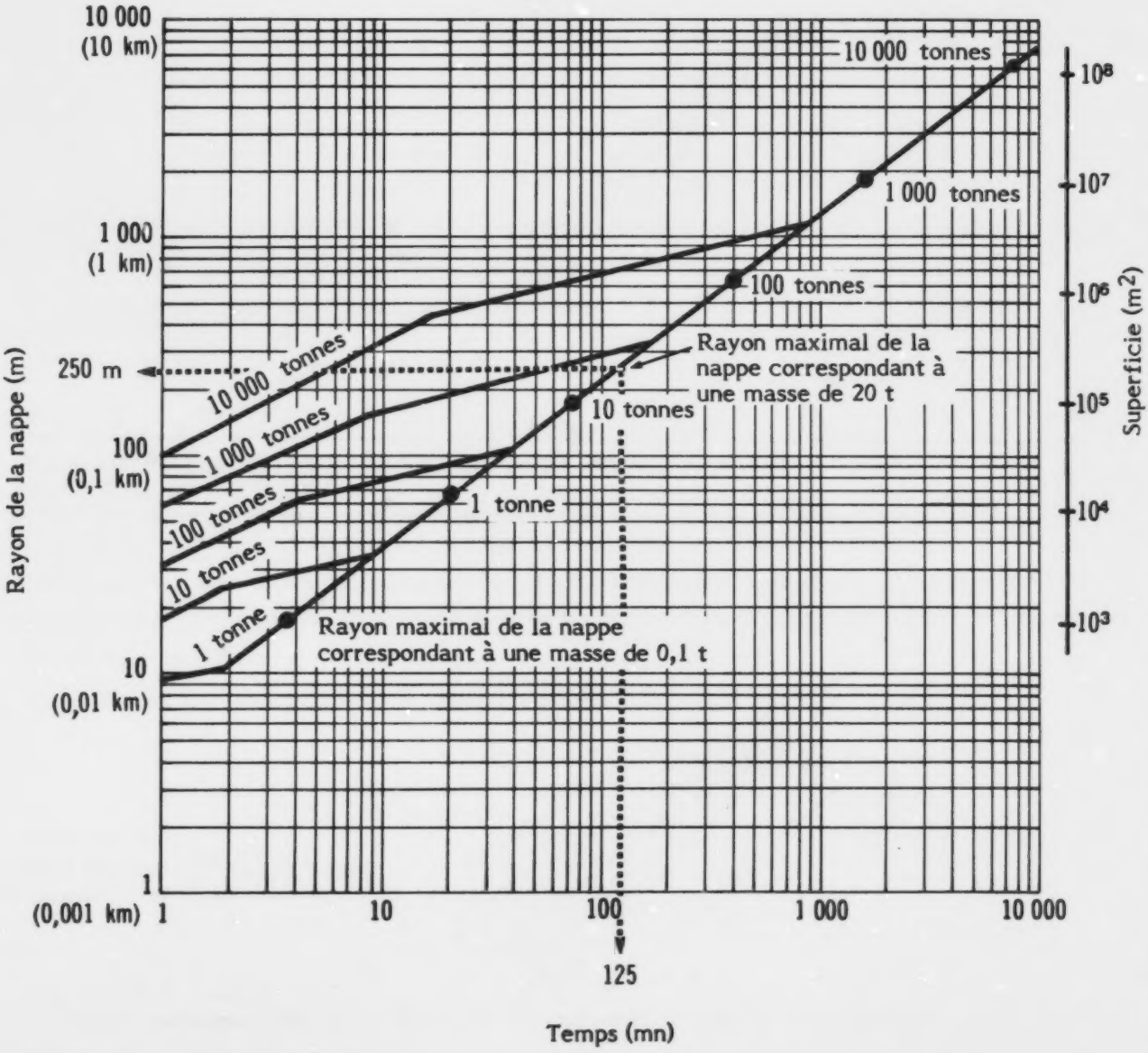


Figure 22 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon équivalent de la nappe (eau calme, nappe confinée) correspondant à certaines largeurs de cours d'eau

Figure 23 Distance de dérive en fonction du temps pour différentes vitesses d'eau de surface

Figure 24 Addition vectorielle de la vitesse du courant de surface et de celle du vent

5.4.2.1 Rayon de la nappe en fonction du temps (eau calme, nappe non confinée). - La figure 21 permet de calculer le rayon et l'aire d'une nappe non confinée de styrène provenant du déversement d'une masse connue, à un moment précis après l'accident. Les équations correspondant à l'étalement d'une nappe sur l'eau sont présentées dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Selon une critique du modèle d'étalement (Eisenburg, 1975), ces équations s'appliquent dans le cas où la viscosité du liquide répandu est supérieure ou égale à 0,2 fois la viscosité de l'eau.

Dans le cas présent, on a supposé que la température eau/nappe était de 20 °C, un maximum vraisemblable dans le cas de l'eau de surface. On maximise ainsi la taille de la nappe, quel que soit le moment choisi. Si le rayon indiqué est supérieur au rayon maximal théorique de la nappe on se sert de ce dernier.

5.4.2.2 Longueur de la zone touchée en fonction du rayon (équivalent) de la nappe (eau calme, nappe confinée). - Si la distance entre les rives du plan d'eau est inférieure au diamètre maximal théorique de la nappe, cette dernière est confinée. On peut alors calculer la longueur approximative de la zone touchée (figure 22) à partir du rayon de la nappe (figure 21), si l'on connaît la largeur L du cours d'eau.

5.4.2.3 Distance de dérive en fonction du temps (aucun vent). - La figure 23 représente le rapport simple qui existe entre la vitesse, le temps et la distance de dérive. La distance parcourue, dans un temps donné, par une nappe entraînée par un cours d'eau, est directement proportionnelle à la vitesse du courant de surface.

5.4.2.4 Addition vectorielle du courant de surface et du vent. - Pour tenir compte de ces deux facteurs, on suppose que la nappe se déplace à une vitesse égale à la somme vectorielle de la vitesse du courant et de 3 p. 100 de la vitesse du vent (Raj, 1974; Fingas, 1979 et 1980). La figure 24 a été conçue pour simplifier l'addition vectorielle du courant et de la vitesse du vent. L'axe horizontal correspondant à la vitesse du vent (vecteur éolien) a été gradué en kilomètres à l'heure.

On additionne le vecteur du courant de surface au vecteur éolien en déterminant sa direction relative par rapport à celle du vent. La longueur du vecteur correspondant au courant de surface est définie par l'échelle verticale graduée en m/s correspondant à la vitesse du courant de surface. Le vecteur résultant représente la direction et la vitesse de dérive de la

Figure 22

STYRÈNE

LONGUEUR DE LA ZONE TOUCHÉE EN FONCTION DU RAYON DE LA NAPPE (EAU CALME, NAPPE CONFINÉE)

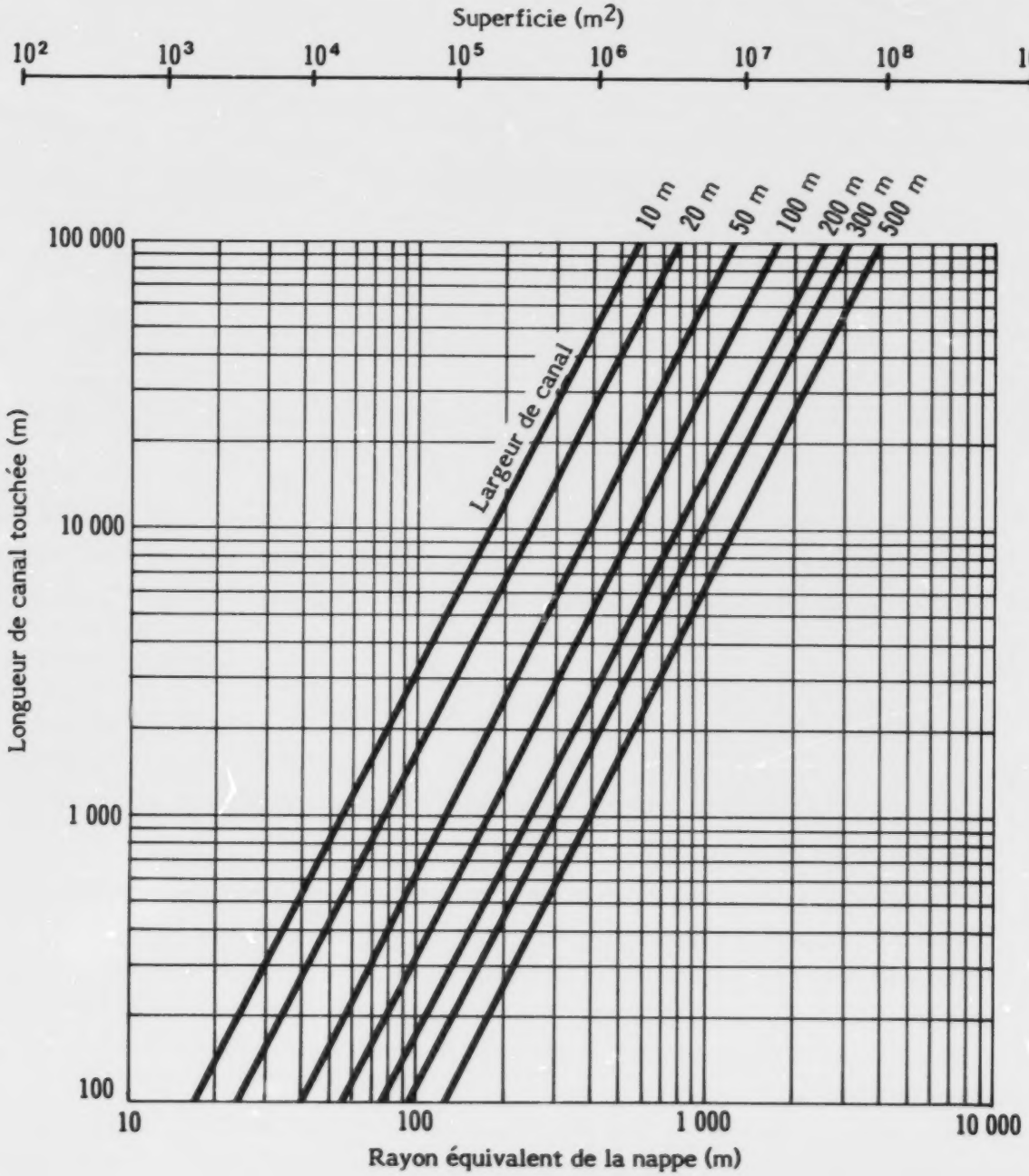


Figure 23

STYRÈNE

DISTANCE DE DÉRIVE EN FONCTION DU TEMPS ÉCOULÉ (AUCUN VENT)

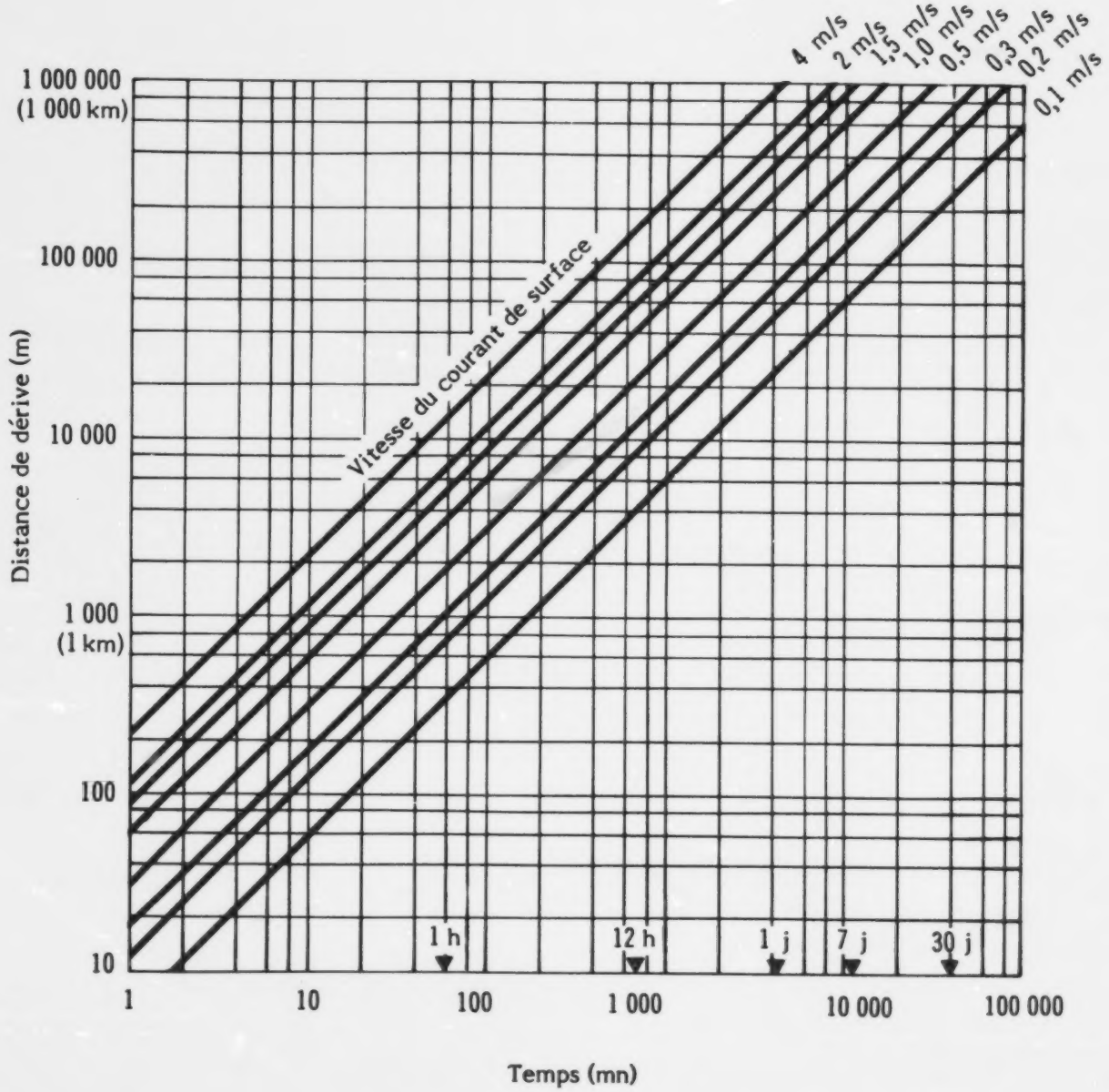
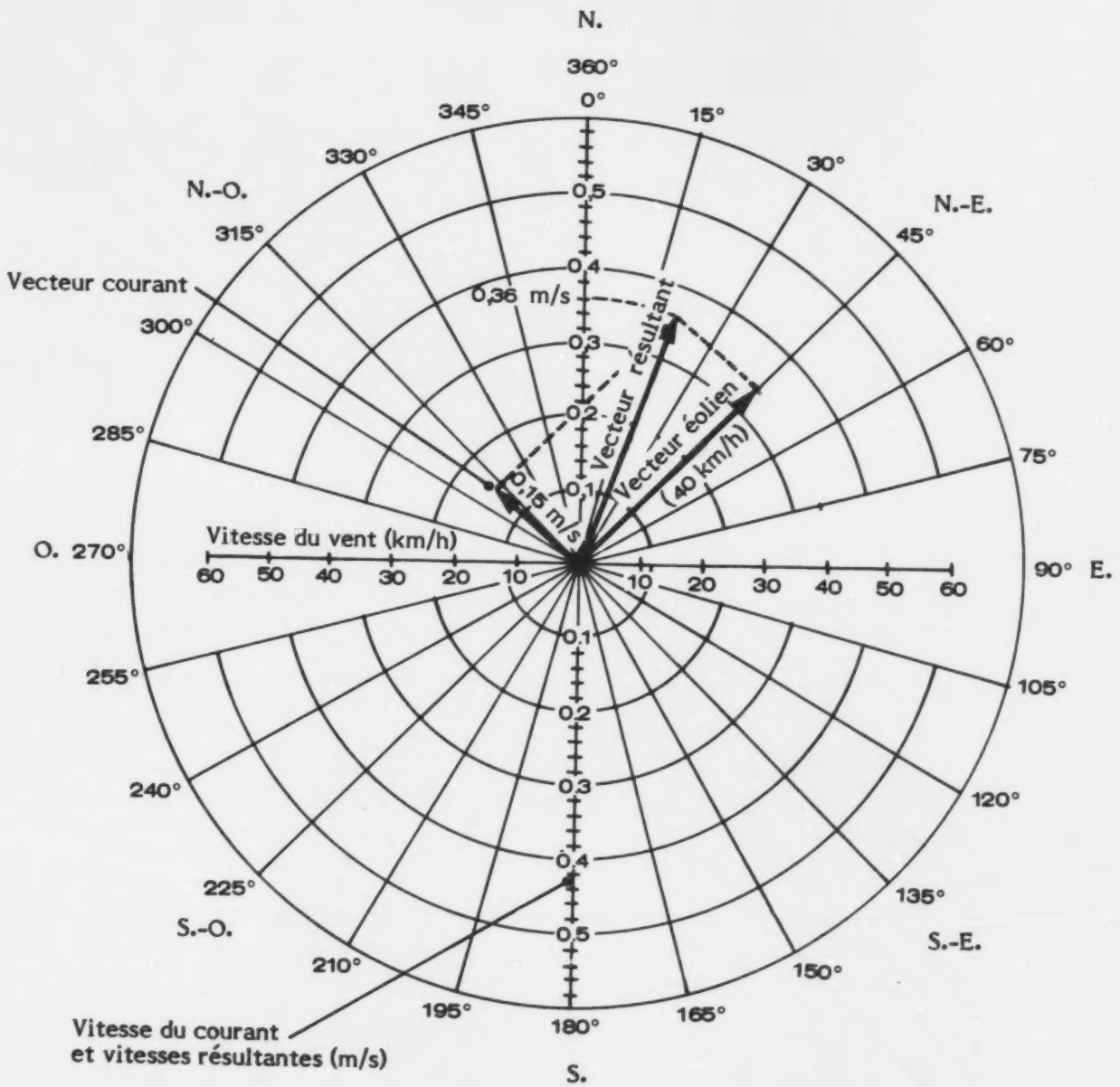


Figure 24

STYRÈNE

ADDITION VECTORIELLE
DU COURANT DE SURFACE ET DU VENT



nappe, imprimées par le vent et le courant. La longueur du vecteur résultant représente la vitesse (m/s) de dérive de la nappe répandue lorsqu'on la mesure sur l'échelle verticale.

Le nomogramme ne tient pas compte de la déformation de la nappe causée par le vent ou les courants de surface, ni des pertes produites par évaporation ou d'autres facteurs.

5.4.3 Exemples de calcul

PROBLÈME A

Un déversement de 20 tonnes de styrène s'est produit sur un grand lac. Les vents sont faibles. Déterminer l'étendue de la nappe après 20 mn, ainsi que son étendue maximale et le moment où cette étendue maximale sera atteinte.

Solution (voir fig. 21): si l'on suppose que t = 20 mn et que la masse déversée est de 20 tonnes, on obtient, par interpolation, la valeur suivante: rayon de la nappe r = 60 m. De la même façon, le rayon maximal de la nappe, de 250 m environ, sera atteint approximativement en 125 mn.

PROBLÈME B

La nappe décrite dans les données du problème A est confinée dans une zone calme, d'une largeur approximative de 50 m. Quelle est la longueur maximale de la zone touchée par ce déversement?

Solution: d'après la figure 21 (ou la solution du problème A), le rayon maximal = 250 m dans le cas d'une masse de 20 tonnes; d'après la figure 22, si le rayon maximal = 250 m et si la largeur du cours d'eau est de 50 m, la longueur maximale de la zone touchée, en l'absence de vent, sera de 4000 m.

PROBLÈME C

Les 20 tonnes déversées (problème A) sont déplacées par un vent du sud-ouest soufflant à 40 km/h et un courant de surface de 0,15 m/s à 90° de la direction du vent (écoulement nord-ouest). Quelle sont la direction et la vitesse résultantes de la nappe et la distance parcourue lorsqu'elle a atteint sa taille maximale? Solution:

Étape 1 Déterminer le vecteur vent.

En se servant de la figure 24, mesurer la longueur du vecteur vent correspondant à 40 km/h sur l'échelle horizontale de la vitesse du vent. Tracer le vecteur vent de la bonne longueur, orienté dans la direction nord-est à partir de l'origine du vecteur vent.

Étape 2 Déterminer le vecteur courant de surface.

En se servant de la figure 24, mesurer la longueur du vecteur correspondant au courant superficiel de 0,15 m/s sur l'axe vertical.

Tracer le vecteur correspondant au courant superficiel, de la bonne longueur, orienté dans la direction nord-ouest à partir de l'origine du vecteur vent.

Étape 3 Déterminer le vecteur résultant.

Tracer le vecteur résultant à partir de l'origine jusqu'au point de rencontre des segments (pointillés) parallèles aux vecteurs vent et courant.

La direction de dérive, telle qu'elle est donnée par le vecteur résultant, se trouve à 20° au nord-est. Définir la vitesse de dérive en mesurant la longueur du vecteur résultant sur l'échelle verticale. La vitesse de dérive de la nappe est évaluée à 0,36 m/s.

Étape 4 Déterminer la distance de dérive lorsque la nappe atteint son rayon maximal.

La figure 21 (ou le problème A) donne un rayon maximal de 250 m pour un temps de dérive de 120 mn (7200 s).

Distance de dérive = 7500 s x 0,36 m/s = 2700 m au moment où la nappe atteint son rayon maximal.

5.5 Comportement dans le sol de surface et le sous-sol

5.5.1 Introduction. - Les lois de la migration des polluants dans le sol, ainsi que leur application dans le cas présent, sont exposées dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les éléments nécessaires à la mise au point de nomogrammes de la migration, ainsi que l'élaboration des nomogrammes, sont présentés dans les paragraphes qui suivent.

Lorsque le styrène, qui est relativement insoluble dans l'eau, est déversé sur le sol, sa pénétration et sa migration suivent un processus en phases multiples. Ce sont les phases liquide (dans l'eau, le sol) et les phases gaz ou vapeurs qui causent le plus d'inquiétude.

Il existe malheureusement peu de données permettant d'évaluer avec précision la migration dans le sol d'un fluide non miscible. Quelques études sur le terrain ont été effectuées particulièrement dans le cas de déversements de pétrole, d'essence ou de biphényles polychlorés (BPC), mais il existe peu d'information relativement à la plupart des déchets dangereux. Il faut donc, pour le styrène, supposer un scénario simplifié des conditions du sol et des eaux souterraines et décrire son comportement en se référant à des matières dont le comportement est mieux connu.

Un modèle du mouvement descendant de fluides non miscibles, tel le styrène, dans le sol a été préparé en comparant ce mouvement à celui du pétrole déversé sur le sol (Blokker, 1971; Freeze et Cherry, 1979).

Il est supposé qu'au moment du déversement le sol contient au plus une quantité d'eau égale à sa capacité au champ jusqu'au niveau de la nappe phréatique. Le styrène répandu remplit les pores à la surface du sol et commence à descendre. Il est supposé que le fluide descend en bloc saturant (écoulement piston) laissant derrière lui une fraction retenue

constante S_0 dans les pores du sol traversé. Le mouvement descendant se poursuit jusqu'à ce que le volume de styrène déversé par unité de surface B_0 soit égal au volume retenu dans le sol S_0. La migration capillaire peut entraîner un mouvement horizontal. Si B_0 est supérieur au volume S_0 pouvant être retenu au-dessus de la nappe phréatique, le surplus de styrène s'étalera comme une crêpe à l'intérieur de la frange capillaire saturée d'eau souterraine. La zone polluée qui en résultera comprendra une colonne (verticale) et des crêpes (horizontales) de sol formées de la quantité retenue de styrène, comme on peut le voir à la figure 25.

5.5.2 Migration du polluant dans le sol. - Les équations et les postulats utilisés pour déterminer la migration d'un fluide dans un sol non saturé (à capacité au champ), jusqu'à la nappe phréatique, sont présentés dans le Manuel d'introduction Enviroguide. Les vitesses de migration font intervenir la loi de Darcy, en posant comme hypothèse la formation d'une colonne saturée en solution polluée, par suite d'un écoulement en bloc (ou écoulement piston).

5.5.3 Coefficient de perméabilité d'un sol saturé vis-à-vis du polluant. - Le coefficient de perméabilité K_0 mesure la perméabilité d'un sol saturé donné vis-à-vis d'un fluide donné. K_0, qui s'exprime en m/s, est donné par la formule suivante:

$$K_0 = \frac{(\rho g)k}{\mu}$$

où: k = perméabilité intrinsèque du sol (m^2)

ρ = masse volumique du fluide (kg/m^3)

μ = viscosité absolue du fluide (Pa . s)

g = accélération de la pesanteur = 9,81 m/s^2

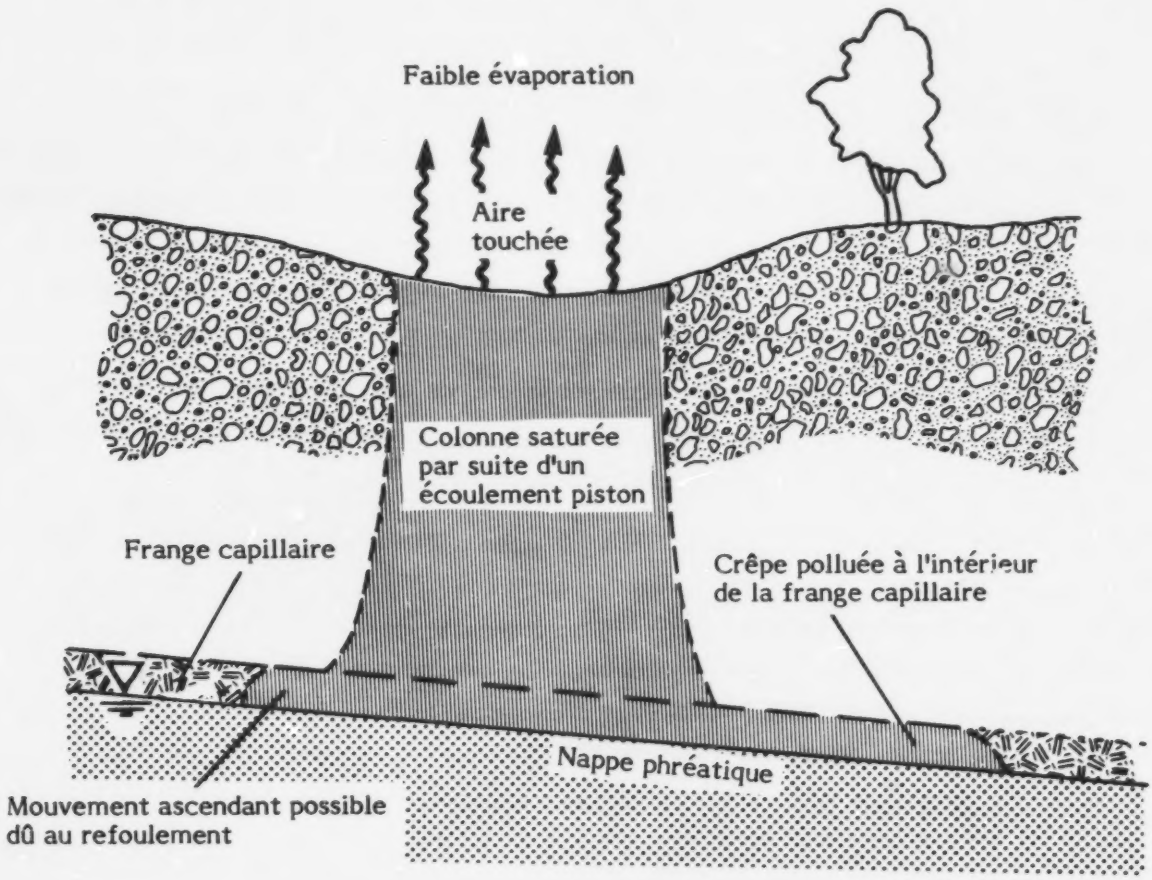
Les valeurs établies pour le styrène figurent dans le tableau ci-dessous.

Paramètres	20 °C	4 °C
Masse volumique (kg/m^3)	906	920
Viscosité absolue (Pa . s)	$0,8 \times 10^{-3}$	$0,9 \times 10^{-3}$
Coefficient de perméabilité m/s) d'un sol saturé (m/s)	$(1,1 \times 10^7)k$	$(1,0 \times 10^7)k$

5.5.4 Types de sol. - Le Manuel d'introduction Enviroguide décrit les trois types de sol retenus pour les besoins de la présente section. Le tableau ci-dessous indique les propriétés qui nous intéressent.

Figure 25

STYRÈNE — MIGRATION DANS LE SOL



Sol: sable grossier
- porosité (n) = 0,35
- perméabilité intrinsèque k = 10^{-9} m^2
- capacité au champ = 0,075

Propriété	Types de sol		
	Sable grossier	Sable limoneux	Till argileux
Porosité (m^3/m^3)	0,35	0,45	0,55
Perméabilité intrinsèque (m^2)	10^{-9}	10^{-12}	10^{-15}
Capacité au champ (m^3/m^3)	0,075	0,3	0,45
Fraction retenue (m^3/m^3)	0,05	0,1	0,2

5.5.5 Nomogrammes de la migration. - Un nomogramme de la migration du styrène dans la couche de sol non saturée (à capacité au champ) située au-dessus de la nappe phréatique a été préparé pour chaque sol.

Chaque nomogramme montre la hauteur totale de migration h_m en fonction du temps de migration t_m pour un volume donnée de polluant déversé au sein d'une colonne de sol d'une superficie donnée (charge volumétrique), à des températures de 4 et de 20 °C. Les calculs s'appuient sur les équations données dans le Manuel d'introduction Enviroguide.

La figure 26 indique le plan d'utilisation des nomogrammes (fig. 27 à 29).

5.5.6 Exemple de calcul. - Vingt tonnes de styrène se sont répandues sur un sol de sable grossier. La température est de 20 °C. La nappe a un rayon de 8,6 m. Calculer la hauteur et le temps de migration.

Étape 1 Déterminer la valeur des paramètres.

Masse de liquide déversée = 20 000 kg (20 tonnes)

Température = 20 °C

Masse volumique $\rho = 906\ kg/m^3$

Rayon $r = 8,6\ m$

Étape 2 Calculer le volume de liquide déversé et la superficie de la nappe.

$$\text{Volume} = \frac{m}{\rho} = \frac{2 \times 10^4\ kg}{906\ kg/m^3} = 22,1\ m^3$$

$$\text{Superficie} = \pi r^2 = 232\ m^2$$

Étape 3 Calculer la charge volumétrique.

$$\text{Charge volumétrique} = \frac{\text{Volume}}{\text{Superficie}} = \frac{22,1}{232} = 0,1\ m^3/m^2$$

Étape 4 Évaluer la hauteur et le temps de migration.

Charge volumique (sable grossier) = $0,1\ m^3/m^2$

Hauteur de migration = 5,9 m

Temps de migration = 5,8 mn

Figure 26

STYRÈNE — PLAN D'UTILISATION DES NOMOGRAMMES

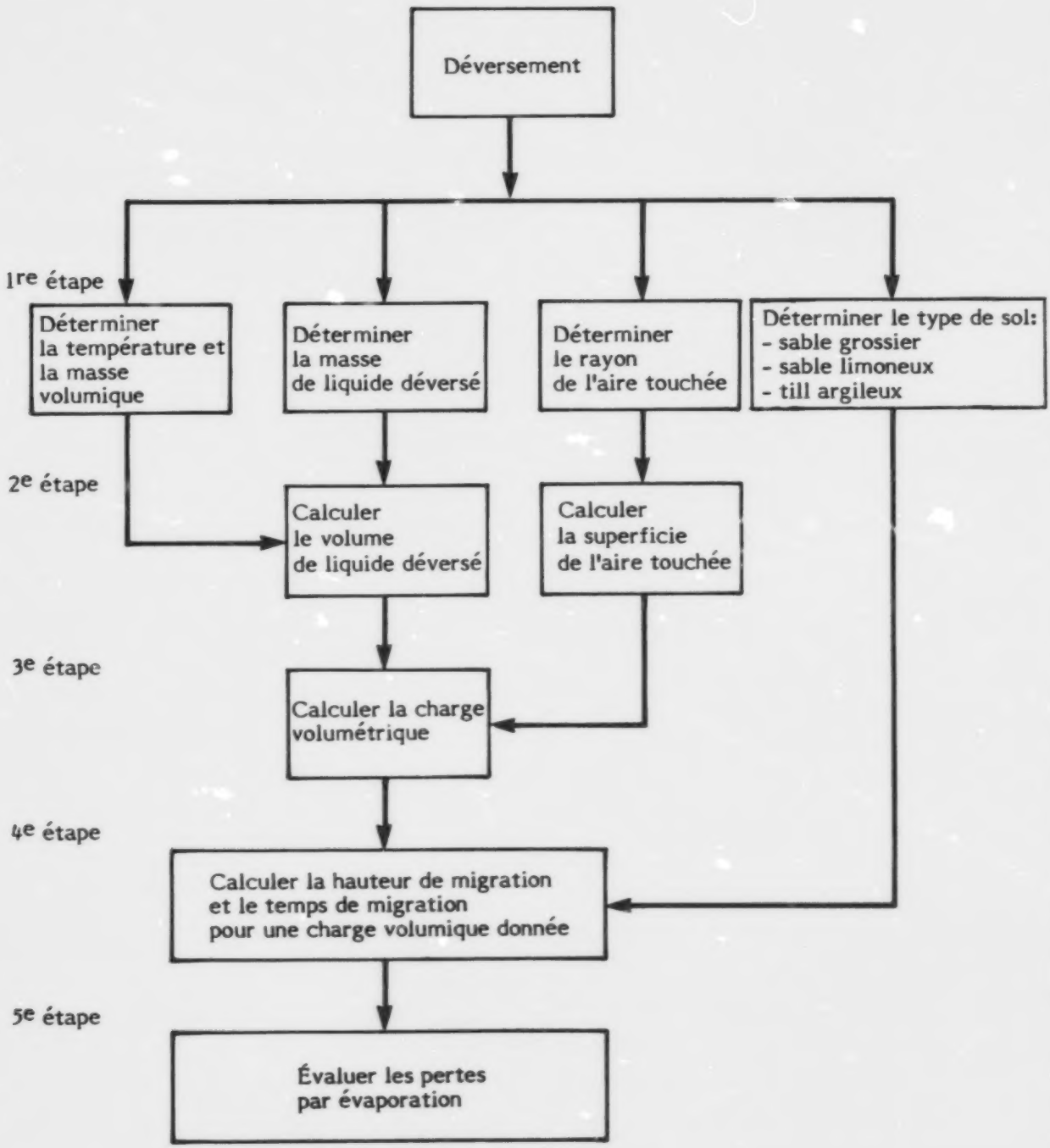


Figure 27

STYRÈNE

MIGRATION DANS DU SABLE GROSSIER

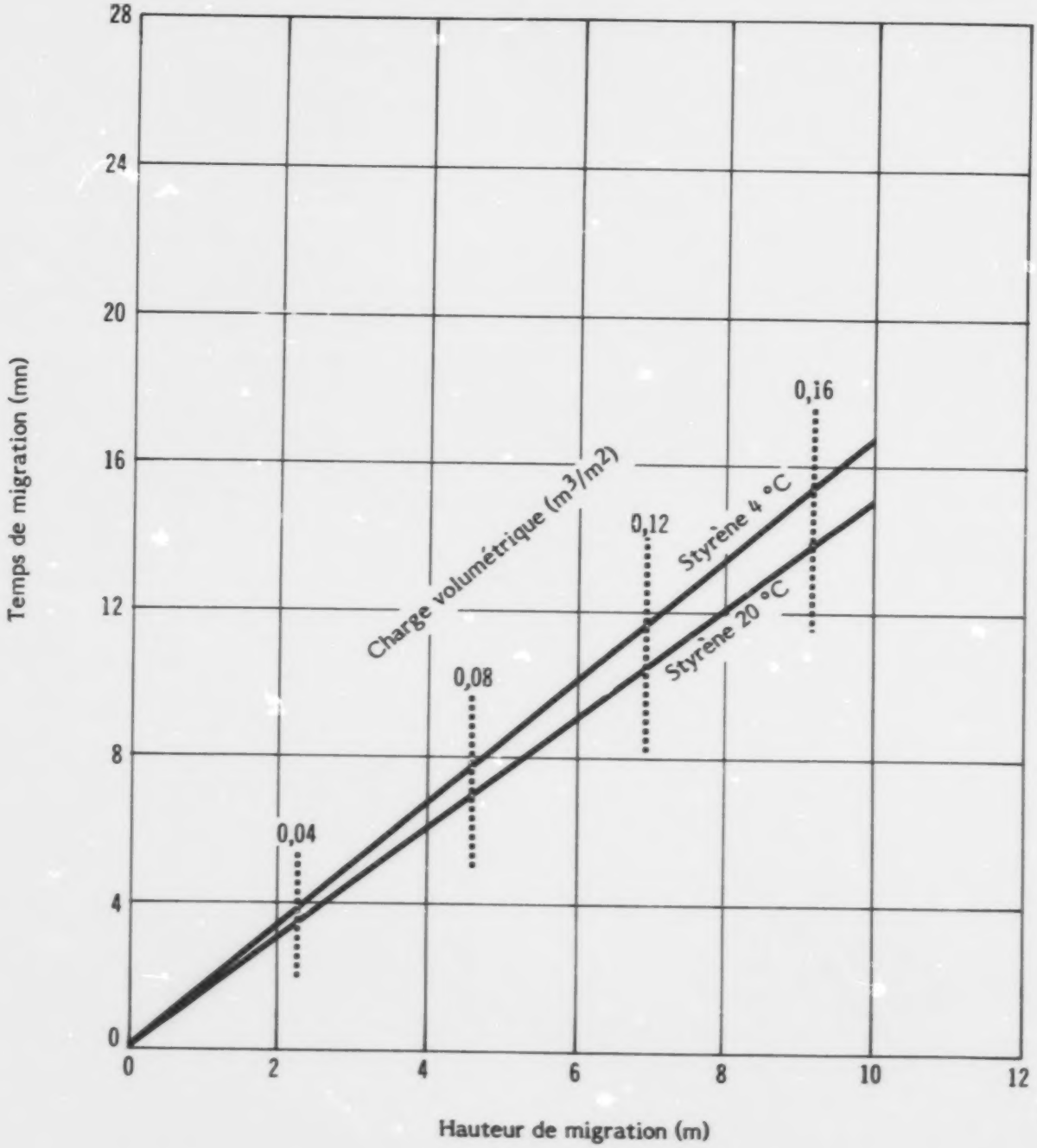


Figure 28

STYRÈNE — MIGRATION DANS DU SABLE LIMONEUX

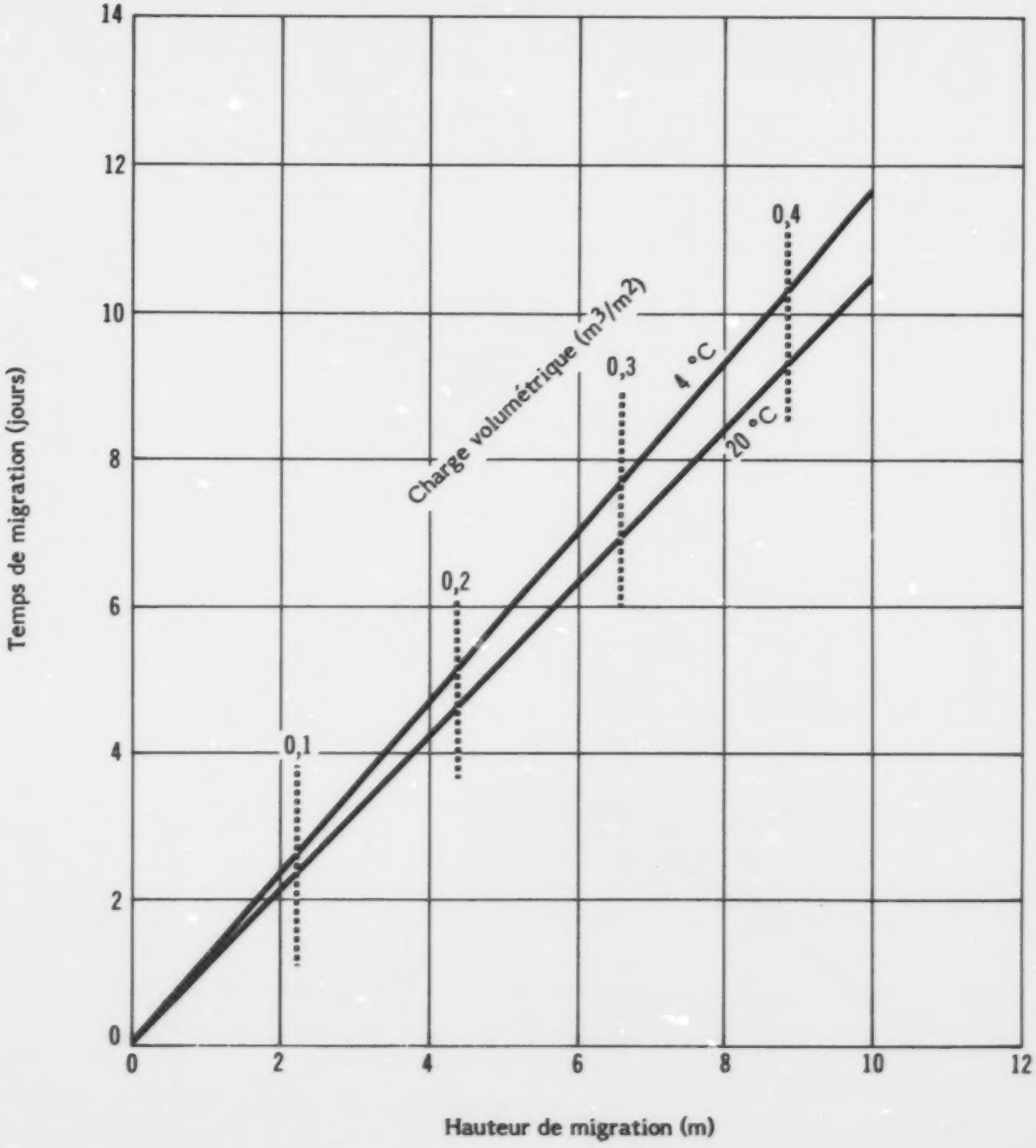
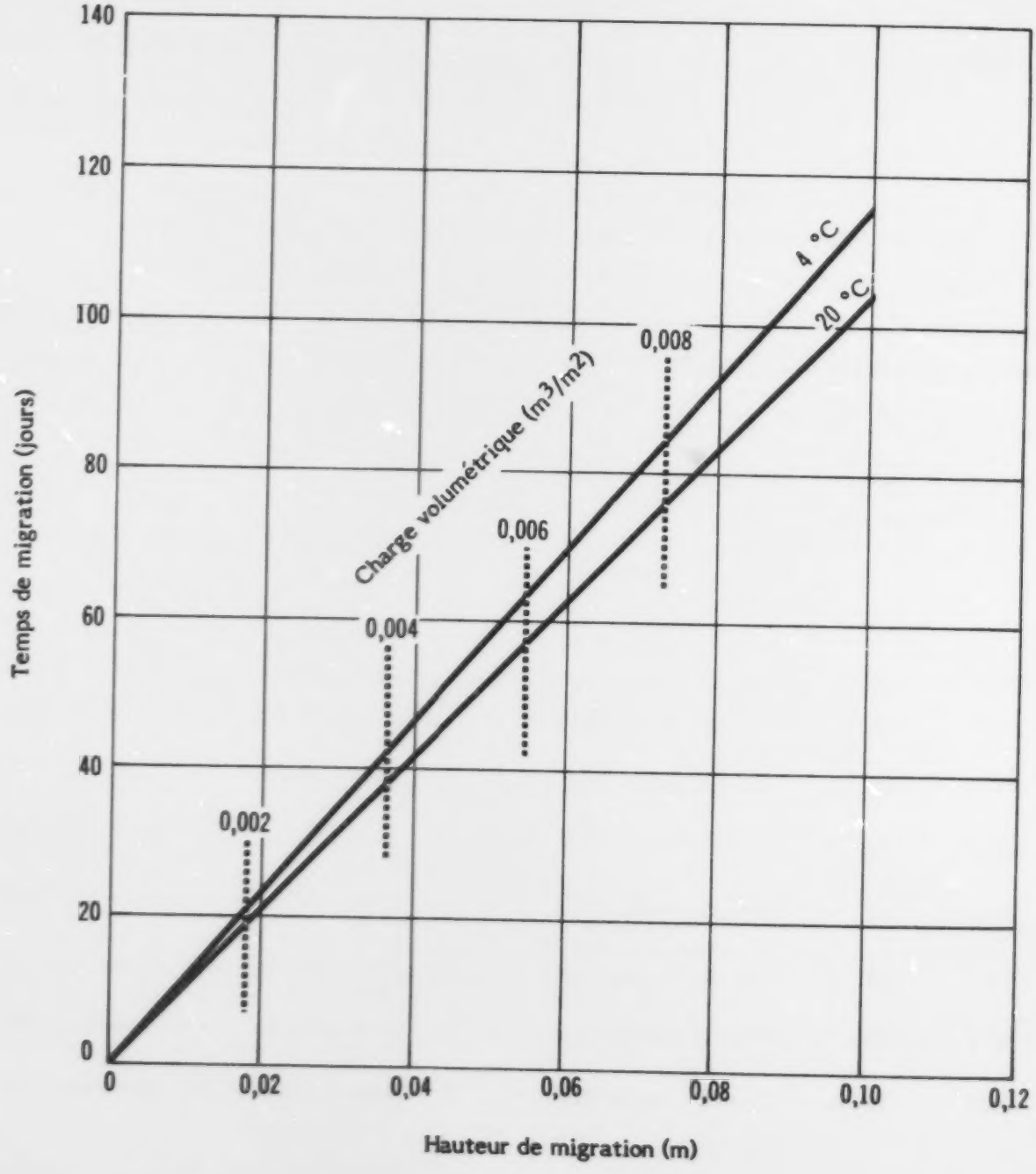


Figure 29

STYRÈNE

MIGRATION DANS UN TILL ARGILEUX



6 PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

6.1 Limites maximales admissibles

6.1.1 Qualité de l'eau. - Il n'existe au Canada aucune limite pour le styrène. La teneur approximative altérant le goût (ou la couleur) du poisson et d'autres organismes aquatiques est de 0,25 mg/l (WQC, 1972). La teneur maximale admissible en styrène des eaux de surface en URSS est de 0,1 mg/l (Verschueren, 1984).

6.1.2 Qualité de l'air. - Pour l'air, l'Ontario E.P. Act de 1971 fixe une norme de qualité de 0,4 mg/m^3 (moyenne d'une demi-heure).

6.2 Toxicité pour les espèces aquatiques

6.2.1 Situation au Canada. - Le styrène est modérément toxique pour les poissons. La tolérance moyenne pour 96 heures (TLm 96) (mort de 50 p. 100 des poissons en 96 heures) correspond à une teneur "inférieure à 100 mg/l" (Water Management Goals, 1978).

6.2.2 Évaluation de la toxicité aux États-Unis. - La tolérance moyenne pour 96 heures au styrène correspond à des teneurs variant entre 10 et 100 ppm (RTECS, 1979).

Toxicité pour les poissons

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
26	24	Poisson doré	Teneur létale 50	Statique, 10,5 °C pH de 8,2	JWPCF, 1980
17		Ouitouche	Dose létale 50		Juhnke, 1978
100	1	Tête-de-boule	Teneur létale 50	Lac Supérieur	Mattson, 1976
32	24-96	Tête-de-boule	Teneur létale 50	Lac Supérieur	Mattson, 1976
56,7	24	Tête-de-boule	TLm	Douce, diluée, 25 °C	Pickering, 1966
53,6	48	Tête-de-boule	TLm	Douce, diluée, 25 °C	Pickering, 1966
46,4	96	Tête-de-boule	TLm	Douce, diluée, 25 °C	Pickering, 1966
62,8	24	Tête-de-boule	TLm	Douce, diluée 25 °C	Pickering, 1966
59,3	48	Tête-de-boule	TLm	Douce, diluée 25 °C	Pickering, 1966
59,3	96	Tête-de-boule	TLm	Douce, diluée 25 °C	Pickering, 1966
25,1	24-96	Crapet arlequin	TLm	Douce, diluée, 25 °C	Pickering, 1966

Teneur (mg/l)	Durée (heures)	Espèce	Résultat	Eau	Source
64,7	24-96	Poisson doré	TLm	Douce, diluée 25 °C	Pickering, 1966
74,8	24-96	Guppy	TLm	Douce, diluée 25 °C	Pickering, 1966
		Toxicité pour les micro-organismes			
2	16	Bactéries	Toxique, inhibition de la multiplication cellulaire	Bidistillée, 25 °C	Bringman, 1980
>200	7 j	Algues vertes	Inhibition de la multiplication cellulaire	Bidistillée, 27 °C Humidité relative de 50 p. 100	Bringman, 1980
>256	72	Protozoaires	Inhibition de la multiplication cellulaire	Bidistillée, 25 °C	Bringman, 1980
67		Algues bleues	Inhibition de la multiplication cellulaire		Verschueren, 1984
		Toxicité pour les invertébrés			
52	24	Artémis	TLm	Statique	DPIMR, 1981
68	24	Artémis	TLm	Statique	Pickering, 1966
69		Amphipodes	Létal après quelques heures		Lindstrom, 1980

6.3 Toxicité pour d'autres espèces

Teneur (mg/kg)	Animal	Effet	Source
46 (oeufs)	Embryon de poulet	95 pour 100 des oeufs ont éclos; aucun effet toxique n'a été relevé	McLauglin, 1964

6.4 Dégradation du polluant

DBO (pds/pds)	% de la demande totale en O	Jours	Milieu ensemencé	Méthode	Source
0,55-1,95		5			Verschueren, 1984
> 1	65	5	Eaux d'égout	Eau douce de dilution	Price, 1974
> 1	65	10	Eaux d'égout	Eau douce de dilution	Price, 1974
> 1	78	15	Eaux d'égout	Eau douce de dilution	Price, 1974
> 1	87	20	Eaux d'égout	Eau douce de dilution	Price, 1974
< 1	8	5	Eaux d'égout	Eau salée de dilution	Price, 1974
< 1	18	0,4	Boues activées	Station d'épuration	DPIMR, 1981
< 1	11	36		Analyse du CO_2	DPIMR, 1981
< 1	12	10	Eaux d'égout	Eau salée de dilution	Price, 1974
< 1	21	15	Eaux d'égout	Eau salée de dilution	Price, 1974
> 1	80	20	Eaux d'égout	Eau salée de dilution	Price, 1974

La DCO est de 2,88 (kg/kg) et la demande totale en oxygène est de 3,07 p. 100 (Verschueren, 1984).

6.5 Devenir dans l'environnement et études sur les effets

Pagano et ses collègues (1978) ont exposé des oeufs, du sperme et des embryons d'oursins (*Paracentrobus lividus* et *Psammechinus microtuberculatus*) à 5×10^{-4} *M* de styrène. Ils ont constaté de faibles signes de mutagénicité.

Diverses espèces de moisissures (*Streptomycetes*) trouvées dans le sol et dans l'eau de cours d'eau ont été soumises à des teneurs de 5 et 7 p. 100 de styrène dans un milieu de croissance aqueux. La croissance a été ralentie uniquement chez les espèces fluviales, non chez les espèces du sol (TAB, 1981).

Au cours d'une autre étude, l'ajout de 100 à 500 mg de styrène par litre à un milieu aqueux contenant des cultures de 13 espèces d'algues n'a entraîné aucun effet sur leur vitalité ou leur croissance (TAB, 1981).

Le métabolisme microbien du styrène a été brièvement examiné; on a posé comme hypothèse que le styrène est transformé en phényléthanol et ensuite en acide phénylacétique (TAB, 1981).

6.6 Devenir et effets à long terme

Chez le poisson, le styrène se bio-accumule et entraîne une coloration (*Water Management Goals*, 1978). On a calculé que le facteur de bio-concentration était de 12 (Santodonato, 1980). Sa biodégradation est lente (OHM-TADS, 1981). On a calculé que la demi-vie du styrène dans l'eau (à une profondeur d'un mètre) était de 23,8 heures (Santodonato, 1980).

7 PROTECTION DE LA SANTÉ

Le styrène est le membre le plus simple de la famille des alkénylbenzènes et le plus répandu de ces composés dans l'industrie. À de faibles teneurs, il a une odeur aromatique douce; à des teneurs plus élevées, mais toutefois inférieures aux normes d'exposition recommandées, l'odeur devient désagréable. Par conséquent, on considère qu'il donne de bons signes d'avertissement (Patty, 1981), même si des études ont démontré l'existence d'un certain acclimatement aux odeurs de styrène (TAB, 1981).

Une exposition de courte durée à de fortes teneurs en styrène peut entraîner des irritations des muqueuses des voies respiratoires supérieures, du nez et de la bouche, suivies de symptômes de narcose et de contractions musculaires causées par la paralysie du centre respiratoire (NRC, 1981). Le styrène liquide et gazeux est absorbé par la peau, mais à un rythme pas plus rapide que par inhalation. Le taux d'absorption du liquide par la peau est de 9 à 15 $mg/cm^3/h$ (Brighton, 1979). On a signalé des signes de neurotoxicité à des teneurs inférieures à 50 ppm mais des études épidémiologiques des travailleurs exposés n'ont relevé aucun effet clinique notable (CNCR, 1981). Des essais de mutagénicité et de carcinogénicité ont été effectués mais n'ont donné que des résultats peu concluants et contradictoires (RTECS, 1979). Les résultats de tests sur la tératogénicité du styrène ont été positifs.

Le Conseil de recherches du Canada (NRC, 1981) et l'Environmental Protection Agency (USA) (Santodonato, 1980; Boyd, 1981) ont récemment examiné les effets sur la santé de l'exposition au styrène. Le National Cancer Institute (USA) a effectué et publié un rapport sur des tests biologiques effectués sur le pouvoir cancérigène du styrène (RTECS, 1979). L'EPA (USA) Toxic Substances Control Act (TSCA) Inventory mentionne également ce composé.

Les données toxicologiques sont extraites de sources dignes de confiance. Il est à noter que certaines données valent pour des expositions de longue durée à de faibles teneurs, de sorte qu'elles ne s'appliquent pas nécessairement dans les cas de déversements. Lorsque jugé nécessaire, l'interprétation des données relatives à l'homme est étayée par les données sur l'exposition de courte durée recueillies pour des espèces mammifères.

7.1 Normes d'exposition

Les normes d'exposition pour le styrène tiennent compte de sa capacité à provoquer des tumeurs lymphoïdes ou hématopoïétiques. La TLV® est évaluée au dixième de la plus faible teneur entraînant probablement l'apparition de ces tumeurs chez l'espèce expérimentale, le rat femelle, où elles ont été observées (Doc. TLV, 1981). Les directives des provinces canadiennes sont généralement semblables à celles qui sont élaborées par l'ACGIH étatsunienne, sauf indication contraire.

Limites maximales admissibles

Norme	Origine	Teneur admissible	Source
	Moyenne pondérée en fonction du temps		
TLV® (8 h)	USA-ACGIH	50 ppm (215 mg/m^3)	TLV, 1983
PEL (8 h)	USA-OSHA	100 ppm (430 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1981
TWAEC (40 h/sem.)	Ontario (proposé)	50 ppm (215 mg/m^3)	Ontario, 1981
Limite (8 h)	Saskatchewan	50 ppm (215 mg/m^3)	Saskatchewan, 1981
Concentration	Québec	100 ppm (420 mg/m^3)	Québec, 1979
Limite (8 h)	C.-B.	100 ppm (420 mg/m^3)	C.-B., 1980
MAK	Tchécoslovaquie	47 ppm (200 mg/m^3)	Bardodej, 1978
MAK (suggérée)	Tchécoslovaquie	12 ppm (50 mg/m^3)	Bardodej, 1978
	Exposition de courte durée		
STEL (15 mn)	USA-ACGIH	100 ppm (425 mg/m^3)	TLV, 1983
Plafond (15 mn)	USA-OSHA	200 ppm (850 mg/m^3)	NIOSH/OSHA, 1981
Pic (5 mn/3 h)	USA-NIOSH/ OSHA	600 ppm	NIOSH Guide, 1978
Moyenne pour 15 mn	Saskatchewan	100 ppm (425 mg/m^3)	Saskatchewan, 1981
STEC* (15 mn)	Ontario (proposé)	100 ppm (425 mg/m^3)	Ontario, 1981
Limite (15 mn)	C.-B.	125 ppm (525 mg/m^3)	C.-B., 1980
Concentration maximale	Québec	125 ppm (525 mg/m^3)	Québec, 1979

* Pour au plus 15 minutes, au maximum 4 fois par jour, avec des intervalles d'au moins 60 minutes.

Autres aspects de la toxicité pour l'homme

Notion	Origine	Teneur	Source
IDLH	USA-NIOSH	5000 ppm	NIOSH Guide, 1978
Teneur létale min. (30 mn)		10 000 ppm	RTECS, 1979
Teneur toxique min.		600 ppm	RTECS, 1979
Teneur toxique min.		376 ppm	RTECS, 1979
Teneur sans effet		650 ppm	Patty, 1981

Indice de toxicité par inhalation. - L'indice de toxicité par inhalation (I.T.I.) représente une mesure de la capacité d'une substance à produire un effet nocif à la suite d'une inhalation. On le calcule de la façon suivante:

I.T.I. = 1315,2 (pression de vapeur en mm Hg/TLV®, en ppm) à 15 °C,

À 15 °C, I.T.I. = 113

7.2 Données sur les propriétés irritantes

7.2.1 Contact avec la peau

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
600 ppm (dans l'air)	Seuil d'irritation, teneur toxique minimale.	DPIMR, 1981
Eau saturée en styrène contact de la main (1 h)	Absorption aussi considérable que pour une inhalation de 12 ppm pendant 8 heures. Diminution de l'excrétion de l'acide mandélique comparativement à une absorption par les voies respiratoires.	Doc. TLV, 1981
Teneur non précisée Exposition de longue durée	Dermatite, dissolution des lipides et déshydratation de la peau.	Patty, 1981
Teneur non précisée	Formation de liquide sur la peau, entraînant une dépression du système nerveux central et des anomalies occasionnelles sur les électro-encéphalogrammes.	NIOSH Guide, 1978
• CHEZ LE LAPIN		
500 mg (test épicutané)	Irritation bénigne	RTECS, 1979
100 p. 100	Irritation d'intensité moyenne	RTECS, 1979
10 à 20 applications (teneur non précisée)	Érythème et formation d'une mince couche de tissus affaiblis	Santodonato, 1980

7.2.2 Irritation de la gorge et des muqueuses nasales

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
200 à 400 ppm (7 h en 2 périodes, repos de 20 mn)	Irritation étendue de la gorge, toux	Brighton, 1979
216 ppm	Irritation des voies nasales après 20 mn	Brighton, 1979

Exposition	Effets	Source
99 ppm (7 h en 2 périodes, repos de 20 mn)	Irritation bénigne de la gorge chez certains sujets	Brighton, 1979

7.2.3 Contact avec les yeux

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
800 ppm	Irritation immédiate	Brighton, 1979
376 ppm (1 h)	Certains sujets se sont plaints après quelques minutes	Brighton, 1979
375 ppm (15 mn)	Sérieuse irritation des yeux	TDB (on-line, 1981)
100 ppm (920 mn)	Irritation bénigne	TDB (on-line, 1981)
50 ppm	Irritation chez certains sujets	Brighton, 1979
Teneur inconnue de liquide pur	Perturbation superficielle temporaire avec un retour à l'état normal en moins de 48 h chez 29 des 30 sujets	TDB (on-line, 1981)
• CHEZ LE LAPIN		
1300 ppm, vapeurs (7-8 h/j, 5 j/sem., 20 sem.)	Irritation	DPIMR, 1981
Non dilué	Irritation modérée de la conjonctive et lésion temporaire de la cornée	Patty, 1981
18 mg de liquide	Irritation bénigne	DPIMR, 1981
• CHEZ LE RAT		
1300 ppm, vapeurs (7-8 h/j, 5 j/sem., 20 sem.)	Irritation	DPIMR, 1981

7.3 Données sur les propriétés organoleptiques

7.3.1 Odeur. - À de faibles teneurs, le styrène a une odeur douce; à de plus fortes teneurs, il a une odeur piquante, âcre et désagréable (DPIMR, 1981).

Paramètre (odeur)	Milieu	Teneur	Source
Seuil de perception	Eau	0,73 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception	Eau	37 ppm	ASTM, 1980
Seuil d'identification	Air	0,1 ppm	ASTM, 1980
Seuil d'identification	Air	0,047 ppm	ASTM, 1980
Seuil de perception	Air	0,05 ppm	ASTM, 1980
Seuil inférieur de perception	Air	0,02 ppm	DPIMR, 1981
Seuil supérieur de perception	Air	0,148 ppm	DPIMR, 1981
Fatigue sensorielle	Air	52 ppm (5 mn) 117 ppm: même résultat	Brighton, 1979

7.3.2 Goût. - Aucune donnée n'a été obtenue.

7.4 Études sur les effets toxiques

7.4.1 Effets de l'inhalation

Exposition	Effets	Source
	A. - Exposition de brève durée	
• CHEZ L'HOMME		
10 000 ppm (30 mn)	Dose létale minimale	DPIMR, 1981
5000 ppm (1 h)	Perte de conscience	GE, 1979 a, b
3676 ppm	Teneur toxique minimale-système nerveux central	DPIMR, 1981
1000 ppm (1 h)	Extrêmement toxique	GE, 1979 a, b
800 ppm (3 h)	Irritation immédiate des yeux et de la gorge, accroissement des sécrétions des muqueuses du nez, goût de métal, somnolence, vertiges. Légère faiblesse musculaire, état dépressif et inertie une fois les tests terminés.	Patty, 1981 TAB, 1981
600 ppm	Odeur très forte signalée; très irritant pour les yeux et les voies nasales.	Patty, 1981
200 à 400 ppm	Odeur forte et désagréable	Patty, 1981
376 ppm (1 h)	Détérioration du système nerveux	Patty, 1981

Exposition	Effets	Source
375 ppm (1 h)	Perte d'équilibre, de dextérité manuelle et de coordination musculaire, de même que maux de tête, nausées et irritation des yeux.	Stewart et coll., 1968, dans NRC, 1981
350 ppm (30 mn)	Les résultats du test du temps de réaction ont été faibles. On n'a noté aucun changement dans les résultats des tests de dextérité manuelle et de vitesse de réaction.	Gamberale et Hultengren, 1974, dans NRC, 1981
200, 100 ou 50 ppm (1 h)	Aucun effet objectif ni subjectif notable	Stewart et coll., 1968, dans NRC, 1981
• CHEZ LE COBAYE		
5200 ppm (4 h)	Teneur létale 50 approximative	Patty, 1981
2820 ppm (14 h)	Teneur létale minimale	Spencer et coll., 1942, dans NRC, 1981
• CHEZ LE RAT		
6000 ppm (4 h)	Teneur létale 50 approximative	Patty, 1981
5000 ppm	Teneur létale 50	Spencer et coll., 1942, dans NRC, 1981
2800 ppm (4 h)	Teneur létale 50	Shugaev, 1969, dans NRC, 1981; Harkonen, 1978
• CHEZ LA SOURIS		
5000 ppm (2 h)	Teneur létale 50	Shugaev, 1969, dans NRC, 1981
3522 ppm (2 h)	Teneur létale 30	Harkonen, 1978
	B. - Exposition de longue durée	
• CHEZ L'HOMME		
1 à 244 ppm	Détérioration accrue de la psychomotricité chez 152 travailleurs ayant subi des tests pendant que l'exposition sur les lieux du travail continuait.	Brooks et coll., 1979, dans NRC, 1981
150 ppm ou plus (en moyenne)	Une étude clinique portant sur 494 travailleurs de la production a révélé des symptômes initiaux	Patty, 1981

Exposition	Effets	Source
	de troubles prénarcotiques et respiratoires légers mais une fonction hépatique normale.	
>50 ppm	Dix des travailleurs exposés au styrène présentaient une polyneuropathie légère qui semble être reliée à la durée et à l'ampleur de l'exposition.	Rosen et coll., 1978, dans NRC, 1981
4 kg/personne par mois	Étude des cas de neuf travailleurs exposés au styrène en utilisant de la résine de polyester. Somnolence, accroissement des gammaglobulines. Le foie de l'un des neuf travailleurs était palpable et plusieurs autres avaient de légers tremblements.	Doc. TLV, 1981
Teneur non précisée (1 an, 10 ans)	Chez le groupe exposé pendant un an, 31 des 43 travailleurs présentaient des électro-encéphalogrammes anormaux et d'autres symptômes reliés au système nerveux central. Chez le groupe exposé pendant dix ans, 4 des 18 travailleurs ont obtenu des résultats anormaux.	Dolmierski et coll., 1976, dans NRC, 1981
Teneur non précisée	Étude de 494 cas de travailleurs exposés. Symptômes pré-narcotiques; hypoesthésie distale des jambes dans 8,5 p. 100 des cas. Les vitesses de conduction des nerfs radiaires et celles des nerfs péroniers étaient inférieures à la normale dans 18,8 et 16,4 p. 100 des cas respectivement. Diminution constante de la conduction des nerfs péroniers avec l'accroissement de l'exposition.	Lilis et coll., 1978, dans NRC, 1981
Teneur non précisée (6 mois à 14 ans)	Seuls les tests sur l'acuitée percepto-motrice et le rendement psychomoteur donnaient des résultats légèrement différents chez les travailleurs exposés au styrène (par rapport aux travailleurs témoins). Le tiers des travailleurs dont l'urine avait une teneur en acide mandélique supérieure à 700 mg/l (environ 300 ppm; moyenne pondérée en fonction du temps) a présenté des électro-encéphalogrammes anormaux.	Lindstrom et coll., 1978, dans NRC, 1981

7.4.2 Effets de l'ingestion

Exposition	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
5 à 0,5 g/kg	Dose létale 50	CHRIS, 1978
Teneur non précisée	Irritation gastro-intestinale, étourdissements, fatigue, perte de conscience, coma et décès. Si le patient se remet, risque de toux, de bronchite, de fièvre et de pneumonie.	
Teneur non précisée	Nausées, vomissements et perte d'appétit.	AAR, 1981
• CHEZ LE RAT		
5000 mg/kg	Dose létale 50	Wolf et coll., 1956, dans NRC, 1981
3160 mg/kg (5 j/sem., 7 sem.)	Survie de 4 des 5 femelles et de 3 des 5 mâles, tous nourris au maïs	TAB, 1981
5 ml/kg	Mort de 1 animal sur 10	Patty, 1981
• CHEZ LA SOURIS		
681 mg/kg (5 j/sem., 7 sem.)	Survie de 1 femelle et de 1 mâle sur 5, tous nourris au maïs	TAB, 1981
316 mg/kg	Dose létale 50	Christensen et coll., 1976, dans NRC, 1981
164 mg/kg	Dose toxique minimale	RTECS, 1979

7.4.3 Effets de l'administration par voie intrapéritonéale

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LA SOURIS		
660 mg/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979
• CHEZ LE RAT		
2400 mg/kg	Dose létale 50	Santodonato, 1980

7.4.4 Effets de l'administration par voie intraveineuse

Exposition	Effets	Source
• CHEZ LA SOURIS		
90 mg/kg	Dose létale 50	RTECS, 1979

7.4.5 Mutagénicité, tératogénicité, carcinogénicité

Exposition (aiguë)	Effets	Source
• CHEZ L'HOMME		
300 ppm (72 h)	Analyse cytogénétique des lymphocites humains. Aucun résultat rapporté.	RTECS, 1979
211 à 2 ppm ou environ 30 ppm (à longue échéance)	Aucune augmentation des aberrations chromosomiques ou de la fréquence d'échange des chromatides soeurs, mais légère baisse de l'indice mitotique et légère inhibition de la croissance cellulaire.	Toxline (on-line), 1981
0,01 p. 100 de vol./vol. ou moins	Effets cytogénétiques positifs sur les lymphocytes à de très faibles teneurs.	Linnainmaa et coll., 1978, dans NRC, 1981
Forte teneur (centaines de ppm)	Étude portant sur 493 travailleurs. Presque aucun résultat notable sur le plan clinique.	Lorimer et coll., 1978, dans NRC, 1981
Teneur non précisée (à longue échéance)	Nombre beaucoup plus grand d'aberrations chromosomiques chez les 36 travailleurs sujets (7,9 cellules par 100) que chez les travailleurs témoins (3,2 cellules par 100).	Toxline (on-line), 1981
Teneur non précisée	Chez un groupe de travailleurs s'occupant de la fabrication de caoutchouc synthétique à base de styrène, de 1951 à 1954, les données recueillies indiquent un risque de décès causé par des néoplasmes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques légèrement supérieur à la normale.	Taulbee et coll., 1976, dans NRC, 1981
Teneur non précisée	En Allemagne, une enquête sur la mortalité chez 160 employés travaillant dans une usine de styrène et de polystyrène n'a montré aucune hausse des taux de mortalité ou d'apparition	Frentzel-Beyme, 1978

	de tumeurs par rapport aux taux observés dans la population en général.	
Teneur non précisée	Étude-témoin de cas dans une usine de caoutchouc. Renforce l'hypothèse voulant que l'expérience de travail dans une usine de caoutchouc synthétique peut être reliée à des néoplasmes des tissus lymphatiques et hématopoïétiques.	Spirtas et coll., 1976, dans NRC, 1981
Teneur non précisée (à longue échéance)	Augmentation du taux d'aberrations chromosomiques des lymphocytes de cultures provenant de sang périphérique (11 à 26 p. 100 chez 10 travailleurs exposés comparativement à 3 p. 100 chez 5 personnes témoins). Décondensation de la chromatine et accroissement du nombre de micronucleus et de ponts nucléaires observés.	TDB (on-line), 1981
Teneur non précisée	Induction de divers effets cytogénétiques. Fragmentation chromosomique chez les lymphocytes *in vitro*.	TDB (on-line), 1981
Teneur non précisée	Résultats négatifs chez les travailleurs exposés au processus de polymérisation du styrène-polystyrène.	Nicholson et coll., 1978, Frentzel-Beyme et coll., 1978, dans NRC, 1981
Teneur non précisée	Passage au placenta; anomalies du système nerveux central chez des enfants dont la mère a été exposée à des produits chimiques comme le styrène pendant la grossesse.	Patty, 1981
• CHEZ LE RAT		
600 à 1000 ppm (6 h/j, 5 j/sem pendant la majeure partie d'une période de 2 ans)	Taux combiné de leucémie-lymphosarcomecoma de 6/85 chez les sujets, des femelles, comparativement à 1/85 chez les témoins.	Santodonato, 1980
300 à 600 ppm (7 h/j, 6 au 15e jour de la gestation)	Diminution de la longueur de l'embryon et quelques malformations squelettiques mineures à 600 ppm, mais rien à 300 ppm.	Santodonato, 1980
0,4 à 12 ppm (4 h/j, pendant toute la gestation)	Diminution du nombre de rejetons et viabilité moindre des nouveau-nés.	Santodonato, 1980
1350 mg/kg/sem. (100 sem.)	Faibles signes de carcinogénicité (légère augmentation de la fréquence des tumeurs).	Ponomarkov, 1978

Exposition	Effets	Source
CHEZ LA SOURIS		
250 à 300 ppm (6 h/j, pendant la majeure partie de l'organogénèse de la grossesse)	Hausse de l'embryotoxicité; certaines malformations squelettiques mineures (qui ne se sont pas produites chez des hamsters chinois placés dans des conditions similaires).	Toxline (on-line), 1981
1 g/kg	Test positif: essai par passage sur hôte avec *Saccharomyces cerevisiae*	RTECS, 1979
100 millimoles	Dans une expérience de mutation provoquée de *Schizosaccharomyces pombe*, fortification de la souche P1 avec du foie de souris: résultat négatif.	Loprieno et coll., 1976, 1978, dans NRC, 1981
1350 mg/kg/sem. (100 sem.)	Faible signe de carcinogénicité (incidence accrue des tumeurs du foie).	Ponomarkov, 1978
• CHEZ LE HAMSTER		
17 millimoles	Test de mutation provoquée des cellules de hamsters chinois (souche V_{79}): résultat négatif.	NRC, 1981
• CHEZ SALMONELLA		
Teneur non précisée	Signe de mutagénicité au cours d'un test d'Ames.	Meester et coll., 1977; Roberfroid et coll., 1978; Vainino, 1978; Vainio et coll., 1976; Watabe et coll., 1978, dans NRC, 1981
Teneur non précisée	Un test d'Ames n'a révélé aucun signe de mutagénicité.	Busk, 1979; Milvy et Garro, 1976, dans NRC, 1981

7.5 Symptômes et conséquences de l'intoxication

Aucune référence n'est donnée pour les symptômes de nature courante mentionnés dans la plupart des ouvrages de consultation. Seuls les symptômes ou troubles de nature particulière sont suivis d'une indication de source.

7.5.1 Inhalation (symptômes)

1. Augmentation des sécrétions des muqueuses du nez
2. Irritation de la gorge

3. Nausées
4. Maux de tête
5. Somnolence, fatigue
6. Respiration rapide (Lefèvre, 1980)
7. Altération du temps de réaction (Gamberake et Hultengren, 1974, dans NRC, 1981)
8. Dépression (Patty, 1981)
9. Faiblesses musculaires (Patty, 1981)
10. Troubles neurologiques (Patty, 1981)
11. Confusion (Lefèvre, 1980)
12. Altération de la dextérité manuelle et de la coordination musculaire (Stewart et coll., 1968, dans NRC, 1981).
13. Dépression du système nerveux central
14. Perte de conscience
15. Convulsions
16. Mort

7.5.2 Ingestion (symptômes)

1. Légère irritation gastro-intestinale (Lefèvre, 1980)
2. Étourdissements
3. Fatigue
4. Perte de conscience
5. Coma
6. Mort

7.5.3 Contact avec la peau (symptômes)

1. Dissolution des lipides de la peau et déshydratation (Patty, 1981)
2. Dermatite (Patty, 1981)
3. Dépression du système nerveux central (NIOSH/OSHA, 1981)

7.5.4 Contact avec les yeux (symptômes)

1. Irritation
2. Sensation de brûlure
3. Yeux qui coulent
4. Irritation des conjonctives (Patty, 1981)

7.6 Métabolisme du styrène

Le métabolisme du styrène (ingéré ou inhalé) a été en partie déterminé par des expériences sur des rats et des souris, de même que par des tests sur les humains (Bardodej, 1978; TAB, 1981; Brighton, 1979). Les modifications métaboliques connues ou soupçonnées sont

indiquées à la figure 30. Les résultats d'une variété de tests ont démontré que le styrène est en grande partie excrété dans l'urine sous forme d'acide mandélique. En réalité, des tests portant sur l'acide mandélique servent à déterminer l'exposition au styrène et ont été proposés pour déterminer l'exposition en milieu industriel (Bardodej, 1978). Au cours de l'un des tests, 22 ppm de styrène ont été administrés à des humains pendant une période de 8 heures. Les tests ont montré que 61 p. 100 des vapeurs restaient dans les voies respiratoires; 85 p. 100 de la dose absorbée étaient excrétés dans l'urine sous forme d'acide mandélique et 10 p. 100 sous forme d'acide phénylglyoxylique (Santodonato, 1980). D'autres tests ont permis d'évaluer la demi-vie du styrène dans le corps (avant l'excrétion des métabolites) à 15 heures (60 ppm pendant 6 heures) et à 20 heures (600 ppm pendant 6 heures) (Santodonato, 1980). La toxicité de la plupart des métabolites est faible. En voici une liste partielle (Bardodej, 1978):

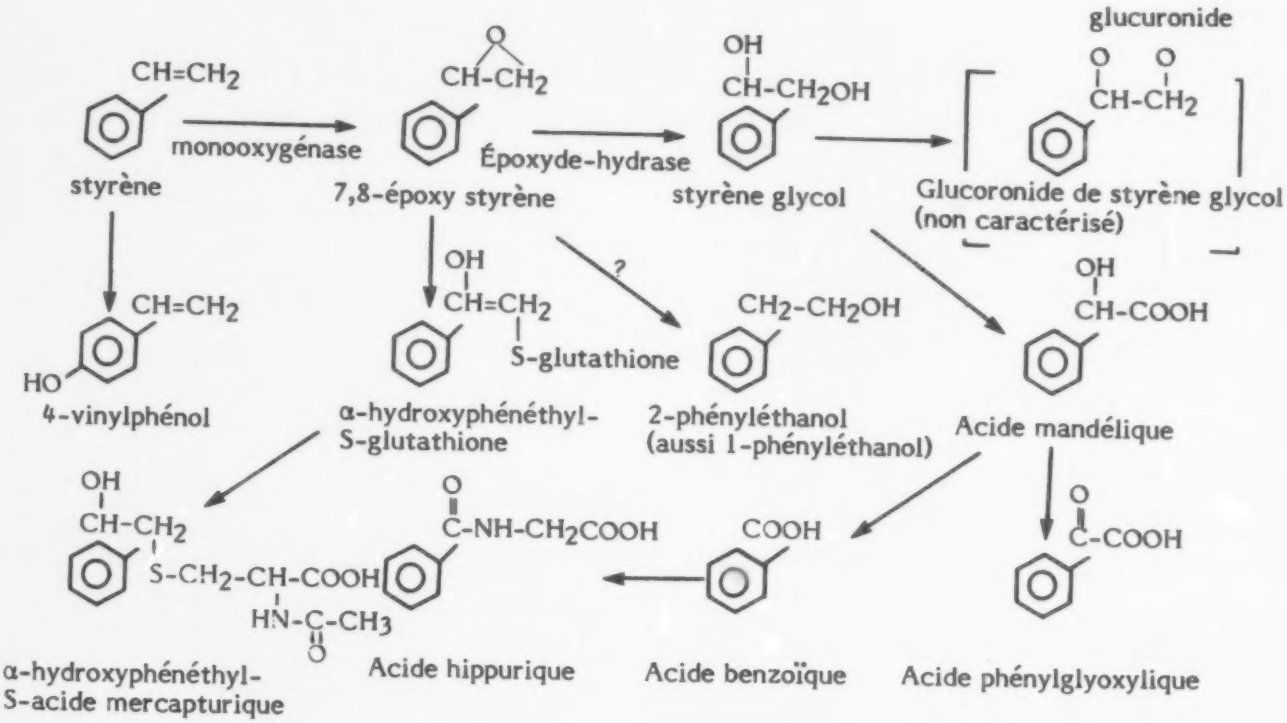
Métabolite	Dose létale moyenne pour le rat (par voie orale) (mg/kg)
Styrène	4920 à 5840
7,8-époxy styrène	2830 à 4290
2-phényléthanol	400 à 1790
Acide mandélique	3000 (dose létale)

Figure 30

STYRÈNE

VOIES MÉTABOLIQUES

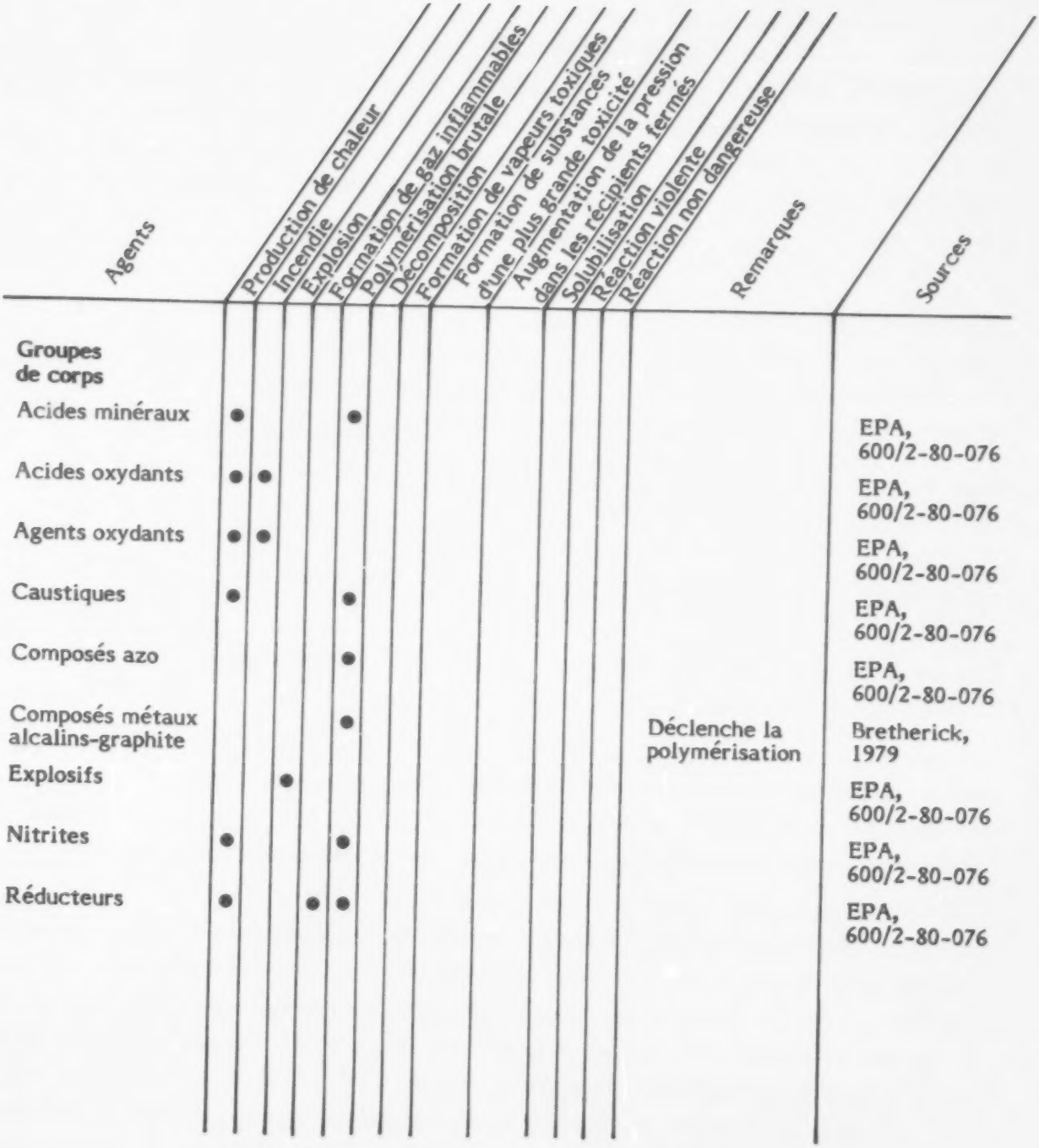
Sources: TAB, 1981; Bardodej, 1978



8 COMPATIBILITÉ CHIMIQUE

8.1 Compatibilité entre le styrène et divers agents

Agents	Production de chaleur	Incendie	Explosion	Formation de gaz inflammables	Polymérisation brutale	Décomposition	Formation de vapeurs toxiques d'une plus grande toxicité	Formation de substances dans les récipients fermés	Augmentation de la pression	Solubilisation	Réaction violente	Réaction non dangereuse	Remarques	Sources
En général														
Feu		●												Sax, 1979
Chaleur				●									Peut se polymériser à des températures élevées.	Bretherick, 1979
Corps														
Acide chlorosulfonique	●							●					Dans un récipient fermé	NFPA, 1978
Acide sulfurique	●							●					Dans un récipient fermé, H_2SO_4 à 96 %	NFPA, 1978
Butyllithium		●		●									Catalysera la polymérisation	Bretherick, 1979
Chlorure ferrique et chlore gazeux				●									Catalyse la polymérisation dans un récipient fermé.	Bretherick, 1979
Oléum	●							●						NFPA, 1978
Oxygène		●								●			Explose violemment si chauffé.	Bretherick, 1979
Peroxyde de dibenzoyle				●									Polymérisation incontrôlable	Bretherick, 1979


Agents
Production de chaleur
Incendie
Explosion
Formation de gaz inflammables
Polymérisation brutale
Décomposition brutale
Formation de vapeurs toxiques
Formation de substances d'une plus grande toxicité
Augmentation de la pression dans les récipients fermés
Solubilisation
Réaction violente
Réaction non dangereuse
Remarques
Sources
Groupes de corps
Acides minéraux
Acides oxydants
Agents oxydants
Caustiques
Composés azo
Composés métaux alcalins-graphite
Explosifs
Nitrites
Réducteurs
Déclenche la polymérisation
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
Bretherick, 1979
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076
EPA, 600/2-80-076

9 MESURES D'INTERVENTION ET DE SÉCURITÉ

9.1 Mesures recommandées

Les brefs exposés qui figurent dans la présente section sont repris des ouvrages sur lesquels a porté notre enquête bibliographique. Leur formulation originale a été respectée afin d'éviter toute déformation de sens. Ce faisant, il devenait impossible d'empêcher que n'apparaissent d'éventuels désaccords entre les sources. D'autre part, le lecteur notera que la mention d'une mesure ne constitue d'aucune façon une recommandation de la part d'Environnement Canada.

9.1.1 Danger d'incendie. - Le styrène est un liquide inflammable. Ses vapeurs forment avec l'air des mélanges explosifs; elles peuvent se répandre le long des surfaces jusqu'à une source d'inflammation, ce qui peut provoquer un retour de flamme. Exposé à la chaleur, il peut se polymériser; si la polymérisation se produit dans un récipient, celui-ci peut éclater (NFPA, 1978). La polymérisation peut également se produire si le styrène est exposé à des catalyseurs ou si l'inhibiteur est épuisé ou éliminé (GE, 1979a, b).

9.1.2 Moyens d'extinction. - Faire cesser le déversement avant de tenter d'éteindre l'incendie. Refroidir les récipients menacés par le feu au moyen d'un jet d'eau pour prévenir les perforations.

Petit feu: poudre sèche, neige carbonique, mousse, eau pulvérisée.
Grand feu: eau pulvérisée ou mousse.

Enlever les récipients du lieu de l'incendie, si cela peut être fait sans danger, et se tenir loin des extrémités des réservoirs. En cas d'incendie grave, utiliser des lances sur affût télécommandées ou des lances-tourelles (ERG, 1980). Il faut utiliser le moins d'eau possible pour éteindre les petits incendies, car l'eau dispersera le styrène liquide (DPIMR, 1981).

9.1.3 Mesures d'intervention en cas de déversement

9.1.3.1 Information générale. - Arrêter l'écoulement ou en réduire le débit, si cela ne présente aucun danger. Éliminer toute source d'inflammation. Éviter tout contact cutané avec le produit ou toute inhalation de ses vapeurs (GE, 1979a, b). Pulvériser de l'eau pour diminuer les vapeurs et protéger les équipes d'intervention (ERG, 1980). Envisager l'application de mousse d'hydrofluorocarbone pour supprimer les vapeurs (EPA 670/2-75-042).

Il est possible d'appliquer les produits absorbants Cellosize et Hycar (marques déposées) pour supprimer les vapeurs et confiner les nappes de styrène (ICI, 1982).

9.1.3.2 Déversement sur le sol. - Confiner si possible la nappe à l'aide de barrages mécaniques ou chimiques. Utiliser du sable ou de la vermiculite pour absorber le résidu, puis ramasser à la pelle les matières imbibées et mettre dans des récipients métalliques. Il n'est habituellement pas recommandé de tenter de récupérer le styrène recueilli (GE, 1979a, b; EPA 670/2-75-042). L'épandage de cendres volantes ou de ciment peut être envisagé (EPA 670/2-75-042). Le polypropylène et les fibres de cellulose sont d'autres matériaux d'absorption recommandés (CG-D-38-76). Il est préférable que les composés absorbants soient ininflammables.

9.1.3.3 Déversement dans l'eau. - Dans la mesure du possible, confiner la nappe à l'aide de barrages flottants ou d'obstacles naturels pour limiter l'étalement. Enlever le liquide piégé à l'aide de boyaux d'aspiration ou d'équipement d'écrémage (EPA 670/2-75-042).

9.1.4 Nettoyage et traitement

9.1.4.1 Déversement sur le sol. - La nappe confinée peut être enlevée au moyen d'un équipement d'aspiration ou de mousses composées absorbantes, ou les deux (OHM-TADS, 1981).

9.1.4.2 Déversement dans l'eau. - Le liquide confiné au moyen de barrages flottants est enlevé à l'aide d'un dispositif d'écrémage ou de mousses absorbantes (OHM-TADS, 1981).

Du charbon actif dans une proportion de 10 p. 100 de la quantité déversée peut être appliqué sur la zone où l'on trouve une teneur en styrène de 10 mg/l ou plus (EPA 670/2-75-042).

9.1.4.3 Information générale. - Il est recommandé que les solides contenus dans l'eau polluée soient soumis à une séparation par gravité. Ensuite, la substance déversée est enlevée à l'aide d'un dispositif d'écrémage. Si ce n'est pas suffisant, on procède à la filtration sur deux milieux, suivie d'une adsorption sur charbon actif. La proportion recommandée de charbon est de 1 kg pour 10 kg de styrène dissous. Les eaux de rinçage provenant des unités de filtration et d'adsorption sont recirculées dans le séparateur par gravité (EPA 600/2-77-227).

Les techniques d'épuration suivantes peuvent être utilisées dans la lutte contre les déversements.

Technique	% d'élimination (TSA, 1980)	Procédé	% maximal d'élimination (EPA 600/8-80-042E)
Épuration biologique	70 à 100	Extraction par solvant	>93
Extraction	98 à 99	Absorption sur charbon	55 à 97

9.1.5 Élimination du polluant. - Il ne faut jamais déverser du styrène dans des égouts ou des eaux superficielles. Ce produit peut être incinéré (GE, 1979a, b). Les eaux polluées peuvent être épurées par aération pour rendre leur évacuation sécuritaire. Il faut brûler l'air provenant du procédé d'épuration dans les cas d'eaux brutes fortement polluées (MCA, 1971).

9.1.6 Données relatives à la filtration sur charbon (EPA 600/8-80-023). - Le styrène peut être extrait de l'eau au moyen d'un lit de filtration sur charbon en poudre, en une seule étape ou par adsorption sur colonne de charbon granuleux. Pour ce faire, on recommande d'utiliser les données suivantes dérivées de la formule d'adsorption de Freundlich. Cette formule est présentée en détail dans le Manuel d'introduction Enviroguide.

Filtration sur charbon en poudre; une seule étape

Teneur initiale (mg/l)	Dose de charbon (mg/l)	Teneur finale (mg/l)
1,0	27	0,1
1,0	110	0,01
1,0	400	0,001
0,1	9,8	0,01
0,1	39	0,001
0,01	3,6	0,001

Absorption sur colonne de charbon en grains (estimation)

Teneur initiale (mg/l)	Dose de charbon nécessaire (mg/l)
1,0	8,3
0,1	3,0
0,01	1,1

9.1.7 Appareils et vêtements de protection. - Avant d'entrer dans une zone où ni la matière déversée ni ses propriétés ne sont connues, il est essentiel de se munir d'un appareil respiratoire autonome et de revêtir un scaphandre résistant aux agents chimiques.

Si la matière déversée est du styrène:

- Fournir à l'équipe d'intervention des vêtements étanches, des gants, des visières (minimum de 20 centimètres) et tout autre vêtement de protection nécessaire pour prévenir un contact répété ou prolongé de la peau avec le styrène liquide (NIOSH/OSHA, 1981);
- L'alcool polyvinylique est une matière qui assure un temps de protection supérieur à 1 heure; Le polyéthylène et le viton ont un temps de protection d'environ 1 heure et le caoutchouc butylique, le caoutchouc naturel, le néoprène et le chlorure de polyvinyle, un temps de protection de moins de 1 heure (Little, 1983);

- Il est recommandé de porter des lunettes de sécurité s'il y a risque d'éclaboussure du liquide dans les yeux (NIOSH/OSHA, 1981; GE, 1979a, b);
- Enlever promptement tous les vêtements non imperméables éclaboussés de styrène liquide et ne pas les porter avant que le produit en ait été retiré (NIOSH/OSHA, 1981). Les souliers et les vêtements en cuir souillés doivent être détruits (CCPA, 1983);
- Il est recommandé de porter des bottes en caoutchouc résistant aux produits chimiques (MCA, 1971);
- Assurer l'accès, à proximité de la zone de manutention du styrène, à des douches déluge et à des bains oculaires automatiques (GE, 1979a, b).

Voici une liste d'appareils respiratoires et de masques filtrants qui satisfont aux conditions minimales de protection de l'équipe d'intervention exposée au styrène (NIOSH/OSHA, 1981).

Protection respiratoire minimale pour une teneur supérieure à 100 ppm

Situation	Équipement*
400 ppm ou moins	Tout appareil respiratoire muni de cartouches anti-vapeurs organiques.** Tout appareil respiratoire à adduction d'air pur.** Tout appareil respiratoire autonome.**
1000 ppm ou moins	Masque couvre-visage** muni de cartouches anti-vapeurs organiques.
5000 ppm ou moins	Masque à gaz à cartouche anti-vapeurs organiques fixée à hauteur du menton, attachée sur la poitrine ou dans le dos. Tout appareil respiratoire à adduction d'air muni d'un masque couvre-visage, d'un casque ou d'une cagoule. Tout appareil respiratoire autonome muni d'un masque couvre-visage.
Teneur inconnue ou > 5000 ppm	Appareil respiratoire autonome avec masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique. Ensemble comprenant un appareil respiratoire à adduction d'air de type C, avec masque couvre-visage pulmo-commandé à surpression, alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique ou pulmo-commandé/à débit constant et un appareil respiratoire auxiliaire pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique.
Lutte contre l'incendie	Appareil respiratoire autonome avec masque couvre-visage, pulmo-commandé à surpression ou alimenté par tout autre système à pression superatmosphérique.

Situation	Équipement*
Évacuation des lieux	Tout masque à gaz étanche aux vapeurs organiques. Tout appareil respiratoire autonome permettant d'évacuer les lieux.

* Seuls les appareils homologués par le NIOSH ou la OSHA doivent être utilisés.
** En cas d'irritation des yeux, utiliser un appareil de protection respiratoire muni d'un masque couvre-visage.

9.1.8 Précautions pour l'entreposage. - Il faut entreposer le produit dans des récipients en acier doux, hermétiques, dans un local bien ventilé, loin des sources de chaleur ou d'inflammation, de la lumière directe du soleil, des agents oxydants et des catalyseurs de polymérisation. Pour éviter la contamination, il faut entreposer le produit dans son récipient original. Surveiller la teneur en inhibiteur et la polymérisation du styrène entreposé. Les gros réservoirs doivent être mis sous atmosphère d'azote. L'élimination complète de l'oxygène entraînera l'épuisement de l'oxygène dissout du monomère liquide et l'inhibiteur de TBC deviendra rapidement inefficace. Avec l'azote, le monomère doit être aéré une fois par semaine pendant une trentaine de minutes ou jusqu'à ce que la teneur en oxygène ait à nouveau atteint le point de saturation (Dow, 1981). Lorsqu'il faut transvaser le liquide, on doit utiliser des récipients frettés et mis à la masse. Il est interdit de fumer dans les zones d'entreposage ou de manipulation. La chaleur de friction dans une pompe centrifuge dont le débit est interrompu peut entraîner la polymérisation du styrène inhibé. Les vapeurs condensées de styrène (non inhibées) peuvent se polymériser (GE, 1979a, b).

9.2 Équipements, techniques et produits spécialisés d'intervention

L'information sur les équipements, produits et techniques décrits ci-après est tirée d'une étude antérieure (Dillon, 1982). Il ne s'agit pas d'une liste exhaustive et de plus amples détails peuvent être trouvés dans l'étude déjà citée.

Enlèvement de matières flottant sur l'eau	Gélifiant au carbonate d'amine et dispositif d'application
Agent de traitement	Hazorb (sorbant)

10 CAS DE DÉVERSEMENT ACCIDENTEL

Le présent chapitre expose un cas d'accident. Il donne des renseignements qui permettent au lecteur de mieux comprendre le processus d'intervention et les mesures de lutte que requiert un déversement accidentel. Le cas rapporté ici a été choisi en fonction de certains critères; il ne faut pas voir dans le nombre de cas décrits une indication relative à l'ampleur ou à la fréquence des déversements.

Lorsqu'il y aura une nouvelle édition du présent guide, les auteurs procéderont à une mise à jour qui permettra d'intégrer au présent chapitre toute nouvelle information pertinente qui rendra compte du progrès des techniques d'intervention.

10.1 Information générale

Il existe de la documentation sur un certain nombre de déversements accidentels de styrène. L'accident rapporté ici a été choisi principalement en raison du grand nombre de renseignements importants qu'on en a tiré et qui s'avéreront peut-être utiles dans l'avenir.

10.2 Déraillement d'un train de wagons-citernes (HMIR, 1980)

Un déraillement a eu lieu à 2 heures du matin dans une zone urbaine. Deux wagons-citernes contenant environ 76 000 l de monomère de styrène ont été endommagés et ont déversé une partie de leur contenu. On a estimé que la majeure partie du produit déversé, soit environ 19 000 l, s'était échappée par un trou de 7,5 centimètres dans l'un des wagons. L'équipe d'intervention a évacué près de 8600 personnes habitant un secteur d'environ 1,5 km sur 3 km dans le voisinage du déversement. On a ordonné l'interruption des services locaux d'approvisionnement en gaz et en électricité.

Les pompiers sont arrivés sur les lieux du déversement et ont immédiatement vaporisé de l'eau sur les wagons-citernes afin de dissiper les vapeurs et de réduire les risques d'explosion. Ils ont continué à vaporiser de l'eau pendant 5,5 heures et ont consommé 1,1 million de litres d'eau.

Lorsque les équipes de nettoyage sont arrivées sur les lieux, les pompiers avaient commencé à appliquer une mousse aqueuse légère formant une pellicule (3M) pour supprimer les vapeurs et améliorer le confinement. Les équipes d'intervention ont construit deux barrages à siphon sur un ruisseau adjacent où les eaux polluées s'étaient accumulées. Près de 132 000 l d'eau et de monomère de styrène y ont été pompés dans des camions-citernes. À la fin de l'après-midi, toutes les personnes évacuées ont pu retourner chez elles à l'exception de sept familles dont les maisons étaient adjacentes au lieu du déversement. Cinq personnes qui ont souffert de nausées et d'irritation des voies respiratoires ont été traitées dans les hôpitaux locaux, où elles ont ensuite reçu leur congé.

Les équipes de nettoyage, vêtues de vêtements protecteurs et d'appareils respiratoires autonomes, ont colmaté la brèche du camion-citerne endommagé avec des bardeaux de cèdre flexibles et des liants de plastique. Un détecteur de gaz Bendix Gastechtor modèle 1314 a été utilisé pour surveiller la teneur en monomère de styrène de l'air pendant que l'équipe effectuait la réparation. Le wagon-citerne a été déplacé pour empêcher qu'une pression ne s'exerce sur la brèche colmatée. L'équipe d'intervention a ensuite utilisé des pompes chimiques Pacer pour transvaser le reste du monomère de styrène dans deux camions-citernes de 34 000 l. L'opération de transfert a été terminée tôt le lendemain matin.

La surveillance de l'air près du lieu de l'accident a révélé que la teneur en monomère de styrène de l'air avait diminué de 100 à 10 ppm en une journée. Les troisième et quatrième jours après l'accident, les dernières familles purent regagner leur domicile. Au même moment, des activités de surveillance du sol et de l'air au niveau du sol révélèrent que de 15 à 30 cm de sol de surface à différents endroits de l'aire touchée étaient pollués par le monomère de styrène. Le jour suivant, ce sol fut enlevé et transporté dans une décharge contrôlée. On laissa le sol s'aérer pendant 24 heures, puis une couche de terre noire fût épandue là où le sol avait été enlevé.

11 IDENTIFICATION ET DOSAGE DU POLLUANT

Les méthodes d'analyse utilisées pour l'identification et le dosage des polluants chimiques d'intérêt prioritaire sont expliquées dans les lignes qui suivent.

Les méthodes décrites et les références signalées ont été choisies en fonction d'analyse d'échantillons d'air, d'eau et de sol devant être faites dans un laboratoire de chimie doté d'un équipement standard, éloigné du lieu d'où proviennent les prélèvements. Les auteurs ont consulté les sources habituelles exposant les méthodes normalisées ou recommandées, et décrit sommairement celles qui s'appliquent à chaque produit chimique. Parmi ces sources, on compte des publications du National Institute for Occupational Safety and Health des États-Unis (NIOSH), de l'Environmental Protection Agency des États-Unis (EPA), de l'American Water Works Association, de l'American Society for Testing and Materials et de l'American National Standards Institute.

Lorsque les méthodes normalisées ou recommandées ont été jugées fiables et suffisamment spécifiques pour l'analyse des échantillons provenant des matières déversées et du milieu touché et lorsqu'elles ne nécessitaient pas un équipement de laboratoire hautement spécialisé, nous n'avons pas cherché plus loin. Enfin, lorsque nous avons découvert des tests simples et fiables, couramment utilisés dans l'industrie, nous les avons signalés.

11.1 Dosage du polluant présent dans l'air (analyse quantitative)

11.1.1 Chromatographie en phase gazeuse. - On peut doser le styrène par chromatographie en phase gazeuse grâce à un détecteur à ionisation de flamme, lorsqu'il est présent dans l'air à des teneurs comprises entre 426 et 1710 mg/m^3 (100 à 402 ppm) (NIOSH, 1977).

On aspire un volume d'air connu dans un tube de charbon de bois de 7 cm x 6 cm (d.e.) comportant deux sections de charbon activé à granulométrie 20/40, séparées par 2 mm de mousse d'uréthane. La partie supérieure est remplie de 100 mg de charbon actif et la partie postérieure, de 50 mg de charbon. Un bouchon de laine de verre silylé est placé à l'avant de la section d'absorption antérieure. Il est recommandé de prélever un échantillon de 5 l à un débit de 1 l/mn.

Le tube de l'échantillon de charbon de bois est rayé avant la première section de charbon de bois et brisé. La section plus grande est transférée dans un échantillonneur fermé de 1 ml, contenant 0,5 ml de disulfure de carbone. La section postérieure subit le même traitement. Les échantillons doivent désorber pendant 30 minutes. Une partie aliquote de 5 µl est injectée dans un chromatographe à gaz doté d'un détecteur à ionisation de flamme.

Les conditions caractéristiques d'un chromatographe à gaz sont les suivantes: débit de gaz vecteur (azote) de 50 ml/mn; débit d'hydrogène de 65 ml/mn; débit d'air de 500 ml/mn;

température de l'injecteur de 195 °C; température du détecteur de 255 °C; température de la colonne de 109 °C. La colonne en acier inoxydable est de 1/8 de pouce (d.e.) sur 10 pieds, garnie de FFAP (garnissage exempt d'acides gras) à 10 p. 100 sur chromosorb W DMCS (diméthylchlorosilane) lavé à l'acide.

Un intégrateur électronique comparant les valeurs obtenues avec une courbe d'étalonnage permet de mesurer la teneur en styrène.

11.2 Identification du polluant présent dans l'air (analyse qualitative)

On peut déterminer la présence de styrène dans l'air à l'aide de tubes de détection de Drager pour le styrène. L'air est aspiré dans un tube de détection de Drager à l'aide d'une pompe de détection de gaz de Drager. Un changement de couleur de la couche de détection du blanc au jaune révèle la présence de styrène. Le changement de couleur est basé sur la réaction entre le styrène et l'acide sulfurique (Drager, 1979).

11.3 Dosage du polluant présent dans l'eau (analyse quantitative)

11.3.1 Spectrophotométrie infrarouge d'affinité. - Cette méthode permet de mesurer des teneurs de 40 à 400 ppm (40 à 400 µg/ml) de styrène dans l'eau (AWWA, 1981).

On recueille dans un récipient approprié un échantillon représentatif de 1 litre au minimum et on l'acidifie à un pH de 2 avec 5 ml d'acide chlorhydrique dilué à 50 p. 100. On transfère l'échantillon dans une ampoule à décantation et on le rince avec 30 ml de fréon 113 (trichloro-1,1,2-trifluoro 1,2,2-éthane). On transfère ensuite la couche de solvant dans une fiole jaugée de 100 ml. On extrait la couche aqueuse avec deux autres portions ou plus de 30 ml de solvant. Les extraits de solvant sont combinés dans la fiole jaugée et le volume est complété jusqu'au trait avec du solvant.

On détermine la teneur en styrène à l'aide de cellules au silice de 1 cm compatibles dans le proche infrarouge utilisées avec un spectrophotomètre enregistreur IR à double faisceau et une courbe d'étalonnage. L'échantillon est balayé de 3200 cm^{-1} à 2700 cm^{-1} avec du solvant dans le faisceau de référence.

11.4 Identification du polluant présent dans l'eau (analyse qualitative)

On prélève un échantillon et on le traite de la même façon qu'en 11.3.1. Une part convenable de l'échantillon est traitée avec du peroxyde d'hydrogène et de l'acide formique puis avec du permanganate de potassium. La formation d'un précipité révèle la présence de styrène. S'il faut procéder à une identification plus poussée, le dérivé acide est isolé et son point de fusion, déterminé (Morrison, 1976). Une méthode très simple consiste à prélever un échantillon d'eau et à le chauffer à 40 °C ou plus et à se servir d'un tube de Drager pour déceler la présence de styrène dans l'espace occupé par la vapeur (CCPA, 1983).

11.5 Dosage du polluant présent dans le sol (analyse quantitative)

11.5.1 Spectrophotométrie infrarouge. - Cette méthode permet de détecter des teneurs de 40 à 400 ppm (40 à 400 µg/ml) de styrène dans le sol (AWWA, 1981).

On place 20 g de terre, pesés avec précision, dans un flacon de verre et on les assèche par l'addition de sulfate de magnésium. On utilise ensuite 30 ml de fréon 113 (trichloro-1,1,1 trifluoro-1,2,2 éthane) pour extraire le styrène du sol. Après avoir placé des cellules de quartz compatibles de 1 cm avec du fréon 113 dans le faisceau de référence d'un spectrophotomètre enregistreur IR à double faisceau, on balaie les échantillons de 3200 cm^{-1} à 2700 cm^{-1}. La teneur en styrène est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage.

11.6 Identification du polluant présent dans le sol (analyse qualitative)

L'échantillon est prélevé comme il est indiqué en 11.5.1 et subit le même genre d'extraction. Une part appropriée de l'échantillon est traitée par du peroxyde d'hydrogène et de l'acide formique, puis du permanganate de potassium. La formation d'un précipité indique la présence de styrène. S'il faut procéder à une identification plus poussée, le dérivé acide est isolé et son point de fusion déterminé (Morrison, 1976). Une méthode simple consiste à chauffer un échantillon de sol à 40 °C ou plus et utiliser un tube de Drager pour identifier le styrène dans l'espace occupé par la vapeur (CCPA, 1983).

12 RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE*

12.1 Références

AAR 1981: BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA. (May, 1981).

ASTM 1980: American Society for Testing and Materials, Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, Data Series DS-48A. (1980).

AWWA 1981: American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, DC, Method 503B, pp. 461-463. (1981).

Bardodej 1978: Bardodej, Z., "Styrene, Its Metabolism and the Evaluation of Hazards in Industry", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 95-103. (1978).

Blokker 1971: Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, Presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy. (November, 1971).

Boyd 1981: Daniel P. Boyd and Co., The Physiological Effects of Styrene, Leesburg, VA. (1981).

Bretherick 1979: Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Brighton 1979: Brighton, C.A., Pritchard, G., Skinner, G.A., Styrene Polymers: Technology and Environmental Aspects, Applied Science Publishers Ltd., London. (1979).

Bringman 1980: Bringman, G., Kuehn, R., "Comparison of the Toxicity Thresholds of Water Pollutants to Bacteria, Algae, and Protozoa in the Cell Multiplication Inhibition Test", Water Res., Vol. 14, p. 241. (1980).

B.C. 1980: Workers' Compensation Board of British Columbia, Industrial Health and Safety Regulations, Workers' Compensation Act, Vancouver, British Columbia. (July, 1980).

CBG 1980: Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

CCPA 1981: The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

CCPA 1983: Canadian Chemical Producers' Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1983).

CDS 1967: National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX. (1967).

---

* Listes reproduites de l'édition anglaise.

CG-D-38-76: Bauer, W.H., Borton, D.N., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76. (August, 1975).

Chem. Eng. 1976: Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 83, No. 2, pp. 107-115. (19 January 1976).

CHRIS 1974: U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-446-3. (April, 1974).

CHRIS 1978: U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC. (1978).

Corpus 1983: Corpus Information Services Ltd., "Styrene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (May, 1983).

CRC 1980: Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH. (1980).

DCRG 1978: Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI. (1978).

Dillon 1982: M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1982).

Doc. TLV 1981: American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, OH. (1981).

Dow 1981: Dow Chemical Company, Safe Handling and Storage of Styrene-Type Monomers, Midland, MI. (1981).

Dow MSDS 1979: Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario. (26 September 1979).

Dow PPS 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72. (1972).

DPIMR 1981: Dangerous Properties of Industrial Materials Report, "Styrene", p. 92. (November/December, 1981).

DPLV 1972: Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, MI. (1972).

Drager 1979: Leichnitz, K. (ed.), "Air Investigations and Technical Gas Analysis with Drager Tubes", Detector Tube Handbook, Fourth Edition, Lubeck, Germany, pp. 110-111. (1979).

Eisenberg 1975: Eisenberg, N.A., Lynch, C.J., Kumar, R.M., A Critical Technical Review of Six Hazard Assessment Models, Enviro Control Incorporated, Rockville, MD. (December, 1975).

EPA 600/2-77-227: Huibregtse, K.R., et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

EPA 600/2-80-076: Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. (April, 1980).

EPA 600/8-80-023: Dobbs, R.A., Cohen, J.M., Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, U.S. Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, OH, EPA 600/8-80-023. (April, 1978).

EPA 600/8-80-042E: Environmental Protection Agency, Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC, EPA 600/8-80-042E. (July, 1980).

EPA 670/2-75-042: Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

ERG 1980: U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC. (1980).

Fingas 1979: Fingas, M.F., Duval, W.S., Stevenson, G.B., The Basics of Oil Spill Cleanup, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1979).

Fingas 1980: Fingas, M.F., Sydor, M., Development of an Oil Spill Model for the St. Lawrence River, Technical Bulletin No. 116, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1980).

FKC 1975: Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY. (1975).

Freeze and Cherry 1979: Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. (1979).

Frentzel-Beyme 1978: Fretzel-Beyme, R., Thiess, A.M., Wieland, R., "Survey of Mortality Among Employees Engaged in the Manufacture of Styrene and Polystyrene at the BASF Ludwighafen Works", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 231-239. (1978).

GE 1979a: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, NY. (August, 1979)

GE 1979b: General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, NY. (September, 1979).

GPP: Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, IN. Not dated.

Hansch and Leo 1979: Hansch, C., Leo, A., Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1979).

Harkonen 1978: Harkonen, H., "Styrene, Its Experimental and Clinical Toxicology", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 104-113. (1978).

HMIR 1980: World Information Systems, "Train Derailment Causes Major Evacuation in Texas", Hazardous Materials Intelligence Report, pp. 1, 2. (June 13, 1980).

ICI 1982: Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England. (April, 1982).

Juhnke 1978: Juhnke, I., Luedemann, D., "Results of the Study of 200 Chemical Compounds on Acute Fish Toxicity Using the Golden Orfe Test", Z. Wasser Abwasser Forsch., Vol. 11, No. 5, pp. 161-164. (1978).

JWPCF 1980: Journal of the Water Pollution Control Federation, Vol. 52, No. 6, p. 1718. (1980).

Kirk-Othmer 1983: Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 21, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1983).

Lange's Handbook 1979: Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1979).

Lefèvre 1980: Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA. (1980).

Lindstrom 1980: Lindstrom, M., Lindstrum, A., "Changes in the Swimming Activity of *Pontoporeia Affinis* (Crustacea, Amphipoda) after Exposure to Sublethal Concentrations of Phenol, 4-Chlorophenol and Styrene", Ann. Zool. Fenn., Vol. 4, No. 17, pp. 221-232. (1980).

Little 1983: Schwope, A.D., Costras, P.P., Jackson, J.O., Weizzman, D.J., Guidelines for the Selection of Chemical Protection Clothing, Arthur D. Little Inc., Cambridge, MA, for U.S. Environmental Protection Agency. (1983).

Lyman 1982: Lyman, W.J., Reehl, W.F., Rosenblatt, D.H., Handbook of Chemical Property Estimation Methods - Environmental Behavior of Organic Compounds, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1982).

Mattson 1976: Mattson, V.R., Arthur, J.W., Acute Toxicity of Selected Organic Compounds to Fathead Minnows, U.S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN, EPA 600/3-76-097. (1976).

MCA 1971: Manufacturing Chemists Association, Styrene, Washington, DC. (1971).

McLaughlin 1964: McLaughlin, J. Jr., Marliac, J.P., Verrett, M.J. et al., "Toxicity of Fourteen Volatile Chemicals as Measured By the Chick Embryo Method", American Industrial Hygiene Journal, Vol. 25, pp. 282-284. (May/June, 1964).

Morrison 1976: Morrison, R.T., Boyd, R.N., Organic Chemistry, Third Edition, Allyn and Bacon Inc., Toronto, Ontario, p. 345. (1976).

NFPA 1978: National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA. (1978).

NIOSH 1977: National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 30, Cincinnati, OH. (April, 1977).

NIOSH Guide 1978: U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC. (1978).

NIOSH/OSHA 1981: U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

NRC 1981: United States National Research Council, The Alkyl Benzenes, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assembly of Life Sciences, National Academy Press, Washington, DC. (1981).

OHM-TADS 1981: Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC. (1981).

Ontario 1981: Ontario Ministry of Labour, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Work Places, (FOR DISCUSSION ONLY), Standards and Programs Branch, Ministry of Labour, Toronto, Ontario. (May, 1981).

Ontario E.P. Act 1971: Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Pagano 1978: Pagano, G., Esposito, A., Giordano, G.G., Hagstrom, B.E., "Embryotoxic and Teratogenic Effects of Styrene Derivatives on Sea Urchin Development", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 127-135. (1978)

Patty 1981: Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Pickering 1966: Pickering, O.H., Henderson, C., "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429. (1966).

Ponomarkov 1978: Ponomarkov, V., Tomatis, L., "Effects of Long-term Oral Administration of Styrene to Mice and Rats", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 127-135. (1978).

Price 1974: Price, K.S., Waggy, G.T., Conway, R.A., "Brine Shrimp Bioassay and BOD of Petrochemicals", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 46, No. 1. (1974).

Quebec 1979: Cabinet du Lieutenant-Gouverneur, Gazette Officelle du Québec: Partie 2, Lois et règlements,, L'Éditeur Officiel du Québec. (Novembre, 1979).

Rabalais 1972: Rabalais, J.W., Colton, R.J., J. Electron Spectroscopy Related Phenomena, Vol. 1, p. 83. (1972).

Raj 1974: Raj, P.P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, DC, p. 238. (January, 1974).

Rouse 1961: Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY. (1961).

RTDCR 1974: Regulation for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

RTECS 1979: Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH. (September, 1980).

Santodonato 1980: Santodonato, J., Meylan, W.M., Davis, L.N., et al., Investigation of Selected Potential Environmental Contaminants: Styrene, Ethylbenzene and Related Compounds, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA 560/11-80-018. (May, 1980).

Sask. 1981: Saskatchewan Ministry of Labour, Occupational Health and General Regulations, Occupational Health and Safety Branch, Regina, Saskatchewan. (May, 1981).

Sax 1979: Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1979).

Scott 1979: Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Streeter 1971: Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1971).

Sussex 1977: Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

TAB 1981: National Academy Press, The Alkyl Benzenes, Washington, DC. (1981).

TCM 1979: General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL. (May, 1979).

TDB (on-line) 1981: Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, Available from National Library of Medicine, Washington, DC. (1981).

TDGC 1980: Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

TLV 1983: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLV®s Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH. (1983).

Tossavainen 1978: Tossavainen, A., "Styrene Use and Occupational Exposure in the Plastics Industry", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 7-13. (1978).

Toxline (on-line) 1981: Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, MD. (1981).

TSA 1980: Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, PA. (1980).

Verschueren 1984: Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1984).

Water Management Goals 1978: Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

WQC 1972: National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, DC. (1972).

12.2 Bibliographie

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH), Documentation of Threshold Limit Values, Fourth Edition, Cincinnati, OH. (1981).

American Conference of Governmental Industrial Hygienists, TLVrs Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Workroom Environment with Intended Changes for 1983-84, Cincinnati, OH. (1983).

American Society for Testing and Materials. Compilation of Odor and Taste Threshold Values Data, Philadelphia, PA, Data Series DS-48A. (1980).

American Water Works Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, Washington, DC, Method 503B, pp. 461-463. (1981).

Bardodej, Z., "Styrene, Its Metabolism and the Evaluation of Hazards in Industry", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 95-103. (1978).

Bauer, W.H., Borton, D.N., et al., Agents, Methods and Devices for Amelioration of Discharge of Hazardous Chemicals on Water, Rensselaer Polytechnic Institute for the U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-D-38-76. (August, 1975).

BDM Corporation, The AAR Hazardous Materials Data Base, Prepared for the Association of American Railroads, Parts I and II, McLean, VA. (May, 1981).

Blokker, P.C., Migration of Oil in Soil, Presented at International Conference "Antinquinamenta 71", Milan Fair of Anti-Pollution Equipment, Report No. 9/71, Milan, Italy. (November, 1971).

Boyd, Daniel, P. and Co., The Physiological Effects of Styrene, Leesburg, VA. (1981).

Bretherick, L., Handbook of Reactive Chemical Hazards, Second Edition, Butterworths, London, England. (1979).

Brighton, C.A., Pritchard, G., Skinner, G.A., Styrene Polymers: Technology and Environmental Aspects, Applied Sciences Publishers Ltd., London. (1979).

Bringman, G., Kuehn, R., "Comparison of the Toxicity Thresholds of Water Pollutants to Bacteria, Algae, and Protozoa in the Cell Multiplication Inhibition Test", Water Res., Vol. 14, p. 241. (1980).

Cabinet du Lieutenant-Gouverneur, Gazette Officelle du Québec: Partie 2, Lois et règlements, L'Éditeur Officiel du Québec. (Novembre, 1979).

The Canadian Chemical Producers' Association, List of Members, Toronto, Ontario. (October, 1981).

Canadian Chemical Producers Association, Ottawa, Ontario, Private Communication. (1983).

Clayton, G.D., Clayton, F.E. (ed.), Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, Vols. 2A, 2B, Third Revised Edition, John Wiley and Sons Canada Limited, Toronto, Ontario. (1981).

Corpus Information Services Ltd., "Styrene", Chemical Product Profiles, Don Mills, Ontario. (May, 1983).

Dangerous Properties of Industrial Materials Report, "Styrene", p. 92. (November/December, 1981).

Dean, J.A. (ed.), Lange's Handbook of Chemistry, 12th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1979).

M.M. Dillon, Survey of Countermeasures Systems for Hazardous Material Spills, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1982).

Dobbs, R.A., Cohen, J.M., Carbon Adsorption Isotherms for Toxic Organics, U.S. Environmental Protection Agency, Waste Water Research Division, Municipal Environmental Research Laboratory, Cincinnati, OH, EPA 600/8-80-023. (April, 1978).

Dow Chemical Canada Inc., Material Safety Data Sheet, Sarnia, Ontario. (26 September 1979).

Dow Chemical Company, Dow Chemical Resistance Guide for Dow Plastic Lined Piping Products, Midland, MI. (1978).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Piping Systems, Midland, MI, Brochure 178-102-72. (1972).

Dow Chemical Company, Dow Plastic Lined Valves, Midland, MI. (1972).

Dow Chemical Company, Safe Handling and Storage of Styrene-Type Monomers, Midland, MI. (1981).

Eisenberg, N.A., Lynch, C.J., Kumar, R.M., A Critical Technical Review of Six Hazard Assessment Models, Enviro Control Incorporated, Rockville, MD. (December, 1975).

Environmental Protection Agency, Treatability Manual, Volume V, Summary, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Washington, DC, EPA 600/8-80-042E. (July, 1980).

Fingas, M.F., Duval, W.S., Stevenson, G.B., The Basics of Oil Spill Cleanup, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1979).

Fingas, M.F., Sydor, M., Development of an Oil Spill Model for the St. Lawrence River, Technical Bulletin No. 116, Inland Waters Directorate, Environment Canada, Ottawa, Canada. (1980).

Freeze, R.A., Cherry, J.A., Groundwater, Prentice- Hall, Englewood Cliffs, NJ. (1979).

Fretzel-Beyme, R., Thiess, A.M., Wieland, R., "Survey of Mortality Among Employees Engaged in the Manufacture of Styrene and Polystyrene at the BASF Ludwighafen Works", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 231-239. (1978).

General American Transportation Corporation, Tank Car Manual, Chicago, IL. (May, 1979).

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, NY. (August, 1979)

General Electric Company, Material Safety Data Sheets, Material Safety Information Services, Schenectady, NY. (September, 1979).

Grayson, M., Eckroth, D. (ed.), Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Third Edition, Vol. 21, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1983).

Hansch, C., Leo, A., Substitute Constants for Correlation Analysis in Chemistry and Biology, John Wiley & Sons Inc., New York, NY. (1979).

Harkonen, H., "Styrene, Its Experimental and Clinical Toxicology", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 104-113. (1978).

Hatayama, H.K., Chen, J.J., deVera, E.R., Stephens, R.D., Storm, D.L., A Method for Determining the Compatibility of Hazardous Wastes, Municipal Environmental Research Laboratory, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH. (April, 1980).

Huibregtse, K.R., et al., Manual for the Control of Hazardous Material Spills - Volume One - Spill Assessment and Water Treatment Techniques, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 600/2-77-227. (November, 1977).

Imperial Chemical Industries (ICI), Treatment of Organic Compounds, Appendix 7, Cheshire, England. (April, 1982).

J. Water Pollut. Control Fed. Vol. 52, No. 6, p. 1718. (1980).

Juhnke, I., Luedemann, D., "Results of the Study of 200 Chemical Compounds on Acute Fish Toxicity Using the Golden Orfe Test", Z. Wasser Abwasser Forsch., Vol. 11, No. 5, pp. 161-164. (1978).

Lefèvre, M.J., Becker, E.O., First Aid Manual for Chemical Accidents - For Use with Nonpharmaceutical Chemicals, Dowden, Hutchinson, and Ross, Inc., Stroudsburg, PA. (1980).

Leichnitz, K. (ed.), "Air Investigations and Technical Gas Analysis with Drager Tubes", Detector Tube Handbook, Fourth Edition, Lubeck, Germany, pp. 110-111. (1979).

Lewis, R.J., Tatken, R.L., Registry of Toxic Effects of Chemical Substances, 1979, Vols. 1 and 2, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Cincinnati, OH. (September, 1980).

Lindstrom, M., Lindstrum, A., "Changes in the Swimming Activity of *Pontoporeia Affinis* (Crustacea, Amphipoda) after Exposure to Sublethal Concentrations of Phenol, 4-Chlorophenol and Styrene", Ann. Zool. Fenn., Vol. 4, No. 17, pp. 221-232. (1980).

Lowenheim, F.A., Moran, M.K., Faith, Keye's and Clark's Industrial Chemicals, Wiley-Interscience, New York, NY. (1975).

Lyman, W.J., Reehl, W.F., Rosenblatt, D.H., Handbook of Chemical Property Estimation Methods - Environmental Behavior of Organic Compounds, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1982).

Manufacturing Chemists Association, Styrene, Washington, DC. (1971).

Mattson, V.R., Arthur, J.W., Acute Toxicity of Selected Organic Compounds to Fathead Minnows, U.S. Environmental Protection Agency, Duluth, MN, EPA 600/3-76-097. (1976).

McLaughlin, J. Jr., Marliac, J.P., Verrett, M.J., et al., "Toxicity of Fourteen Volatile Chemicals as Measured By the Chick Embryo Method", American Industrial Hygiene Journal, Vol. 25, pp. 282-284. (May/June, 1964).

Morrison, R.T., Boyd, R.N., Organic Chemistry, Third Edition, Allyn and Bacon Inc., Toronto, Ontario, p. 345. (1976).

National Academy Press, The Alkyl Benezenes, Washington, DC. (1981).

National Academy of Sciences, Water Quality Criteria 1972, A Report of the Committee on Water Quality Criteria, Environmental Studies Board, National Academy of Sciences, Washington, DC. (1972).

National Association of Corrosion Engineers, Corrosion Data Survey, Houston, TX. (1967).

National Fire Protection Association, Fire Protection Guide on Hazardous Materials, Seventh Edition, Boston, MA. (1978).

National Institute for Occupational Safety and Health, Manual of Analytical Methods, Second Edition, Vol. 2, S. 30, Cincinnati, OH. (April, 1977).

Oil and Hazardous Materials Technical Assistance Data System, U.S. Environmental Protection Agency, Oil and Special Materials Control Division, Office of Water Program Operations, Washington, DC. (1981).

Ontario Ministry of Labour, Exposure Criteria for Potentially Harmful Agents and Substances in Work Places, (FOR DISCUSSION ONLY), Standards and Programs Branch, Ministry of Labour, Toronto, Ontario. (May, 1981).

Ontario Ministry of the Environment, "The Environmental Protection Act, Statutes of Ontario 1971", Chapter 86, as amended; and Regulation 15 (General) as amended. (1971).

Ontario Ministry of the Environment, Water Management Goals, Policies, Objectives and Implementation Procedures for the Ministry of the Environment, Toronto, Ontario. (November, 1978).

Pagano, G., Esposito, A., Giordano, G.G., Hagstrom, B.E., "Embryotoxic and Teratogenic Effects of Styrene Derivatives on Sea Urchin Development", Scand J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 127-135. (1978).

Pedley, J.B., Rylance, J., Sussex-N.P.L. Computer Analysed Thermochemical Data: Organic and Organometallic Compounds, University of Sussex, Sussex, Brighton, England. (1977).

Pickering, O.H., Henderson, C., "Acute Toxicity of Some Important Petrochemicals to Fish", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 38, No. 9, pp. 1419-1429. (1966).

Pilie, R.J., et al., Methods to Treat, Control and Monitor Spilled Hazardous Materials, U.S. Environmental Protection Agency, National Environmental Research Center, Cincinnati, OH, EPA 670/2-75-042. (June, 1975).

Ponomarkov, V., Tomatis, L., "Effects of Long-term Oral Administration of Styrene to Mice and Rats", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2, pp. 127-135. (1978).

Price, K.S., Waggy, G.T., Conway, R.A., "Brine Shrimp Bioassay and BOD of Petrochemicals", J. Water Pollut. Control Fed., Vol. 46, No. 1. (1974).

Rabalais, J.W., Colton, R.J., J. Electron Spectroscopy and Related Phenomena, Vol. 1, p. 83. (1972).

Raj, P.P.K., Lakekar, A.S., Assessment Models in Support of Hazard Assessment Handbook, Prepared for the Department of Transportation, U.S. Coast Guard, Washington, DC, p. 238. (January, 1974).

Regulation for the Transportation of Dangerous Commodities by Rail, Canadian Transport Commission, published by Supply and Services Canada, Ottawa, Ontario. (1974).

Rouse, H., Fluid Mechanics for Hydraulic Engineers, Dover Publications, Inc., New York, NY. (1961).

Santodonato, J., Meylan, W.M., Davis, L.N., et al., Investigation of Selected Potential Environmental Contaminants: Styrene, Ethylbenzene and Related Compounds, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Toxic Substances, Washington, DC, EPA 560/11-80-018. (May, 1980).

Saskatchewan Ministry of Labour, Occupational Health and General Regulations, Occupational Health and Safety Branch, Regina, Saskatchewan. (May, 1981).

Sax, N.I., Dangerous Properties of Industrial Materials, Fifth Edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1979).

Schwope, A.D., Costas, P.P., Jackson, J.O., Weizzman, D.J., Guidelines for the Selection of Chemical Protective Clothing, Arthur D. Little, Inc., Cambridge, MA, for U.S. Environmental Protection Agency. (1983).

Scott's Industrial Directory of Ontario Manufacturers, 12th Edition, Penstock Directories Limited, Oakville, Ontario. (1979).

Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., Osheka, J.W., Concentration Technologies for Hazardous Aqueous Waste Treatment, Touhill, Shuckrow and Associates, Inc., Pittsburgh, PA. (1980).

Southam Business Publications Ltd., "1981 Chemical Buyers' Guide", Canadian Chemical Processing, Vol. 64, No. 9, Don Mills, Ontario. (December, 1980).

Streeter, V.L., Fluid Mechanics, Fifth Edition, McGraw-Hill Book Company, New York, NY. (1971).

Tossavainen, A., "Styrene Use and Occupational Exposure in the Plastics Industry", Scand. J. Work Environ. Health, Vol. 4, Suppl. 2 pp. 7-13. (1978).

Toxicity Data Base, Toxicology Information On-Line, Available from National Library of Medicine, Washington, DC. (1981).

Toxline, Toxicology Information Program (1974 to present), National Library of Medicine, Bethesda, MD. (1981).

Transport Canada, Transportation of Dangerous Goods Code, Vol. 1 (Lists), Vol. 2, Ottawa, Canada. (June, 1980).

Uniroyal, Guide to Polymer Properties, Uniroyal Inc., Mishawaka, IN. Not dated.

United States National Research Council, The Alkyl Benzenes, Committee on Alkyl Benzene Derivatives, Board on Toxicology and Environmental Health Hazards, Assembly of Life Sciences, National Academy Press, Washington, DC. (1981).

U.S. Department of Health and Human Services, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration (OSHA), Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards, NIOSH Publication No. 81-123. (1981).

U.S. Department of Health, Education and Welfare, Pocket Guide to Chemical Hazards, United States Department of Health, Education, and Welfare, and U.S. Department of Labor, Washington, DC. (1978).

U.S. Department of Transportation, Hazardous Materials, 1980 Emergency Response Guidebook, Research and Special Programs Administration, Materials Transportation Bureau, Washington, DC. (1980).

U.S. Department of Transportation, CHRIS Hazard Assessment Handbook, U.S. Coast Guard, Washington, DC, CG-446-3. (April, 1974).

U.S. Department of Transportation, Coast Guard, Chemical Hazards Response Information System (CHRIS), Washington, DC. (1978).

Verschueren, K., Handbook of Environmental Data on Organic Chemicals, Van Nostrand Reinhold Company, New York, NY. (1984).

Weast, R.C. (ed.), CRC Handbook of Chemistry and Physics, 60th Edition, Chemical Rubber Publishing Company, Cleveland, OH. (1980).

Workers' Compensation Board of British Columbia, Industrial Health and Safety Regulations, Workers' Compensation Act, Vancouver, British Columbia. (July, 1980).

World Information Systems, "Train Derailment Causes Major Evacuation in Texas", Hazardous Materials Intelligence Report, pp. 1, 2. (13 June 1980).

Yaws, C.L., "Physical and Thermodynamic Properties", Chemical Engineering, Vol. 83, No. 2, pp. 107-115. (19 January 1976).